
Septemb 1897
R W Gibson Invt

ARCHIVES

DES

SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

GENÈVE — SOCIÉTÉ GÉNÉRALE D'IMPRIMERIE
Rue de la Pélisserie, 18

BIBLIOTHÈQUE UNIVERSELLE

ARCHIVES

DES

SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

CENT DIX-NEUVIÈME ANNÉE

QUATRIÈME PÉRIODE

TOME TRENTE-HUITIÈME



GENÈVE

BUREAU DES ARCHIVES, RUE DE LA PÉLISSERIE, 18

PARIS	LONDRES	NEW-YORK
H. LE SOUDIER	DULAU & Cie	G. E. STECHERT & Co
174-176, Boul. St-Germain	37, Soho Square	151-155, W 25th Street

Dépôt pour l'ALLEMAGNE, GEORG & Cie, à Bale

1914

SUR LE
MÉCANISME DE LA RÉACTION CHIMIQUE[1]

PAR

Georges BAUME

J'ai l'intention de rendre compte ici de quelques essais et hypothèses sur le mécanisme de la réaction chimique, récemment étudiés au Laboratoire de Chimie physique de l'Université de Genève par mon maître Ph.-A. Guye, par mon excellent ami Briner et par moi-même.

Les traités de chimie admettent en général que la plupart des réactions — des réactions organiques en particulier — sont des phénomènes de substitution ; et l'on sait quelle a été la fertilité de cette notion tant au point de vue de la recherche qu'à celui de l'enseignement. Mais bien des auteurs ont, depuis longtemps, considéré comme trop absolue cette manière de représenter les faits : la théorie des ions a conduit à la notion de *réactions chimiques dûes à la dissociation préalable des molécules ;* — et d'autre part, Kékulé, puis Van't Hoff (dès 1878) — et plus récemment Arrhénius, Guye, etc. — ont admis qu'un grand nombre de réactions devait être précédé de la formation d'un produit intermédiaire d'addition entre les substances réagissantes[2].

[1] Conférence faite à la Section Nancéienne de la Société Chimique de France, le mercredi 29 avril 1914. J'ai ajouté récemment, sur la demande de M. Ph.-A. Guye, quelques développements au texte primitif, de manière à donner au lecteur une vue d'ensemble sur l'activité du Laboratoire de Chimie physique de l'Université de Genève dans ce domaine depuis 1906.

[2] Voir pour la bibliographie complète, Ph.-A. Guye, *Jour. ch. phys.*, 1910, 8, 119.

Or, les recherches récentes dont l'exposé va suivre ont précisément permis d'étendre nos connaissances expérimentales sur le mécanisme des réactions d'addition ou de dissociation, et aussi de préciser les conditions théoriques dont les unes et les autres sont les effets. Cet exposé comprendra donc trois parties :

1° Mécanisme des réactions d'addition.

2° Mécanisme des réactions de dissociation.

3° Conditions de production de ces deux séries de réactions.

I. Réactions d'addition

On a souvent repris l'hypothèse de Kékulé et de Van't Hoff relative à la formation de produits intermédiaires d'addition dans un grand nombre de réactions : je rappellerai seulement que E. Fischer et G. Bredig en ont fait usage[1] pour expliquer soit le phénomène de l'inversion optique, soit le rôle des catalyseurs.

Mais une objection se présente tout de suite : une telle hypothèse est-elle compatible avec les données actuelles de la mécanique chimique ? — Pour fixer les idées, considérons une réaction dont l'état initial et l'état final sont respectivement :

$$AB + CD = AC + BD.$$

Cette réaction doit, d'après les données de la mécanique chimique, être bi-moléculaire ou du second ordre ; mais si elle est en réalité la résultante de deux réactions successives, *couplées,* dont la première corresponde à la formation d'un produit d'addition, l'équation précédente devra se dédoubler ainsi :

$$AB + CD = ABCD$$
$$ABCD = AC + BD.$$

Il suffit alors de supposer que la vitesse de décomposition du produit d'addition est très grande par rapport à celle de sa formation pour que l'expérience permette d'observer effectivement les résultats que donnerait une réaction bi-moléculaire. Mais pour qu'il en soit ainsi, il est nécessaire que le ou les produits d'addition intermédiaires soient instables et *se décom-*

[1] Cf. *Journ. ch. phys.*, 1910, **8**, 119 ; 1911, **9**, 160 et 323.

posent aisément dans des conditions très voisines de celles de leur formation: leur mise en évidence expérimentale doit être par suite très délicate, et l'on ne pourra en général les caractériser qu'à des températures suffisamment basses, pour rendre leur vitesse de décomposition aussi faible que possible.

Comme d'autre part, tous les corps présentent une inertie chimique complète au-dessous d'une certaine valeur de l'échelle thermométrique, un système de deux corps organiques, pouvant entrer en réaction et formant un système binaire homogène, doit comprendre théoriquement, ainsi que l'a montré Guye [1], trois zones nettement distinctes :

1° *Zone d'indifférence* à basse température, où les deux corps sont sans action chimique l'un sur l'autre.

2° *Zone d'addition* à température plus élevée, le composé d'addition pouvant être stable ou dissocié, selon les conditions du milieu.

3° La température s'élevant encore, le produit d'addition, s'il est instable, se décomposera en donnant soit les produits d'origine, soit des produits dits de substitution *(Zone de substitution).*

En fait, les substances d'addition caractéristiques de la zone intermédiaire ont été rarement *isolées,* au sens strictement chimique de ce mot ; néanmoins, il n'est pas difficile, ainsi que l'a fait remarquer Guye, de trouver dans les expériences courantes de la chimie organique quelques cas où ces produits d'addition intermédiaires sont parfaitement connus : ainsi la transformation des bases organiques primaires ou secondaires en bases méthylées par l'iodure de méthyle est précédée de la formation d'iodométhylates, véritables produits d'addition souvent isolés et décrits dans toutes leurs propriétés.

Voici un autre exemple que j'emprunte aux recherches mêmes de Guye [2] :

En ajoutant au chlorure de l'acide éthyl-isobutyl-acétique

[1] Ph.-A. Guye, *loc. cit.* ; D. E. Tsakalotos et Ph.-A. Guye, *Journ. ch. phys.*, 1910, **8**, 340.

[2] Ph.-A. Guye, *loc. cit.* ; Cf. Guye et Jeanprêtre, *Bull. Soc. chim.*, (3), **13**, 134.

du brôme en quantité théorique pour préparer le chlorure de l'acide brômé correspondant, il ne se produit aucun dégagement appréciable de gaz bromhydrique, même en chauffant le système au bain-marie, bien que la couleur du brôme disparaisse dans ces conditions ; ce n'est qu'en distillant le mélange, vers 220°, que HBr se dégage, en même temps que se forme le produit de substitution.

Toutefois les méthodes de la chimie pure ne permettent que rarement de caractériser avec certitude la zone d'addition, et il a fallu recourir, comme dans tant d'autres cas, aux méthodes physico-chimiques pour résoudre le problème d'une manière satisfaisante. Parmi celles-ci, je citerai trois procédés, qui ont été appliqués avec succès à Genève au cas simple des systèmes binaires :

1° On peut caractériser les combinaisons d'addition dans les systèmes gazeux par l'étude de la compressibilité et de la liquéfaction de mélanges en diverses proportions des deux constituants (Briner et Cardoso)[1]: on démontre qu'un système déterminé correspond à une combinaison d'addition, lorsqu'à toutes les températures (inférieures à la température critique), il ne se produit aucune augmentation de pression pendant toute la durée de la liquéfaction, les deux phases conservant la même composition ; la liquéfaction sous pression constante se produit, au contraire, avec des mélanges dont la composition varie avec la température, lorsqu'on est en présence d'un *point indifférent* sans composé d'addition[2].

2° L'étude des variations de la viscosité d'un système binaire en fonction de la concentration a permis de résoudre le problème d'une manière très satisfaisante dans le cas des systèmes liquides ; on conçoit, en effet, que la viscosité d'une combinai-

[1] Briner, *Jour. ch. phys.*, 1906, **4**, 266 et 476. Briner et Cardoso, *ibid.*, 1908, **8**, 641.

[2] Briner et Cardoso, *loc. cit.*, p. 658. Les produits d'addition pouvant être caractérisés par cette méthode donnent, par élévation de température, des réactions dites de *substitution*, conformément aux développements précédents. Ainsi la combinaison de Friedel [$(CH_3)_2O + HCl$] se décompose en donnant C_2H_5Cl et H_2O.

son d'addition puisse être supérieure à celle de ses constituants, et que la courbe représentative du phénomène passe alors par un maximum. Les belles recherches de Ph.-A. Guye, Wroczynski et Tsakalotos, et celles de Scheuer contiennent un certain nombre d'applications fort intéressantes de ce principe[1].

3° Les méthodes de l'analyse thermique (courbes de fusibilité) sont, ainsi que l'a montré Ph.-A. Guye[2], parmi celles qui permettent de déceler le plus simplement (comme dans le cas des alliages) l'existence des combinaisons instables qui caractérisent la zone d'addition. Ces méthodes d'investigation sont, de plus, tout à fait appropriées au but poursuivi, puisqu'elles permettent de caractériser ces produits d'addition *peu stables* à la limite inférieure, souvent très basse, de l'état liquide, tout produit d'addition, formé dans ces conditions, étant généralement décelé par un maximum de la courbe de fusibilité. L'abscisse de celui-ci donnera sa composition, et l'ordonnée sa température de fusion, s'il n'est pas dissocié.

Toutefois, les procédés de l'analyse thermique ne sont pas d'un emploi illimité pour l'étude de ce problème. Voici notamment trois cas où ils se trouvent en défaut :

1° Lorsque la formation du produit d'addition n'est pas *très rapide* à la limite inférieure de l'état liquide.

2° Lorsque la limite inférieure de l'état liquide est située soit dans la zone d'indifférence, soit dans la zone de substitution.

3° Lorsqu'il y a formation de mélanges visqueux donnant par refroidissement de véritables verres incristallisables dont les propriétés sont identiques à celles des verres silicatés. Guye et ses collaborateurs ont observé ce phénomène dans un grand nombre de systèmes liquides à basse température, et la même observation a pu être faite sur des mélanges de gaz liquéfiés. J'ai pu, même dans ce dernier cas, suivre aisément les diverses

[1] Guye, Wroczynski et Tsakolotos, *Journ. ch. phys.*, 1910, **8**, 119, 189, 340; D. E. Tsakalotos, *Bull. Soc. chim.*, 1908 (4), **3**, 234 et 1909, **5**, 397; O. Scheuer, *Zeits. phys. chem.*, 1910, **72**, 513.

[2] Ph. A. Guye, *Arch. des sc. phys. et nat.*, 1907 (4), **27**, 397; *Journ. ch. phys.*, 1910, **8**, 119.

phases de la formation de ces verres[1] : augmentation progressive de la viscosité, arrêt de l'agitateur dans la masse, enfin bris de celle-ci avec production de verre craquelé, dès que l'élasticité du système n'est plus suffisante pour maintenir l'homogénéité de la masse. L'existence de ces verres rend parfois les recherches expérimentales très pénibles, car le tube-laboratoire devient fréquemment solidaire de la masse visqueuse qu'il renferme et se brise au moment où celle-ci éclate par retrait.

Au point de vue expérimental, les recherches dans ce domaine ne présentent souvent aucune difficulté spéciale dans le cas des corps solides ou liquides, puisqu'elles constituent une véritable extension des méthodes de la cryoscopie. Elles ont été appliquées de la manière la plus satisfaisante, par Guye et ses collaborateurs, non seulement à la recherche des produits d'addition intermédiaires dans les réactions de substitution, mais aussi à l'étude de la valence et des anomalies constatées dans l'activité optique des solutions[2].

C'est ainsi qu'ils ont pu constater, à basse température, la formation de produits d'addition dans le système *acétate d'éthyle-aniline,* qui donne, à 100°, la réaction bien connue :

$$C_6H_5 . NH_2 + CH_3 . CO_2 . C_2H_5 = C_6H_5 . NH . CO . CH_3 + C_2H_5OH$$

qui est ordinairement considérée comme une réaction de substitution.

On pourrait multiplier les exemples, que l'on trouvera en grand nombre dans les index bibliographiques récemment publiés par Wroczynski et Menschutkin[3]; ce dernier a, d'ailleurs, établi par la même méthode que le rôle des sels minéraux (tels que $AlCl_3$, $AlBr_3$) dans un certain nombre de réactions organiques, revient simplement à la formation de composés instables avec les substances entrant en réaction.

[1] G. Baume, *C. R.*, 1909, **148**, 1322; *Arch. sc. phys. et nat.* 1912, (4), **33**, 415.

[2] Ph.-A. Guye, *loc. cit.* Cf. O. Scheuer, *Z. phys. Ch.*, 1910, **72**, 513.

[3] A. Wroczynski, *Journ. ch. phys.*, 1910, **8**, 569; B. N. Menschutkin, *ibid.*, 1911, **9**, 641 et 1913, **11**, 674 et 856.

C'est à la suite des travaux de Guye que je me suis proposé, en 1908, de rechercher si les réactions élémentaires de la chimie organique donnaient également naissance à des produits d'addition intermédiaires, pouvant être caractérisés par l'analyse thermique ; c'est grâce à l'hospitalité très large de ce savant, à toutes les facilités qu'il m'a accordées pour la réalisation de mes expériences et aux excellents collaborateurs que j'ai trouvés dans son laboratoire, MM. les Drs Perrot, Pamfil, Germann, Georgitses, Borowski et Mlle Tykociner que je dois d'avoir pu réaliser le travail d'ensemble que je m'étais proposé[1]. Je tiens, avant d'exposer ses résultats, à les remercier très affectueusement de leur excellente collaboration.

Je donnerai d'abord quelques indications sommaires sur la méthode expérimentale que j'ai établie pour ces recherches[2], car elle est applicable à un certain nombre d'études quan-

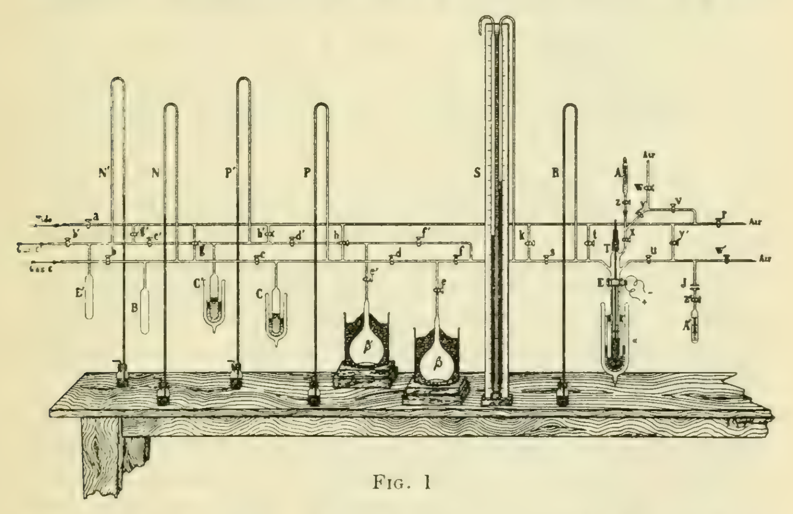


Fig. 1

titatives sur les gaz et les systèmes gazeux[3]. En voici le principe (Fig. 1) :

Si l'on condense au moyen d'air liquide dans un tube cryos-

[1] Cf. *Journ. ch. phys.*, 1914, **12**, *passim.*

[2] Cf. G. Baume, *Journ. ch. phys.*, 1911, **9**, 244.

[3] La formation des produits d'addition entre corps gazeux a pu être utilisée dans certains cas pour effectuer de nouvelles déterminations de

copique α, contenant un agitateur électromagnétique E et un appareil thermométrique à basse température, deux gaz C et C′, contenus sous des pressions p et p′ (mesurées à l'aide du manomètre S) dans deux ballons de même volume β et β′, maintenus à la même température (0°), le nombre des molécules mises en présence est mesuré par la pression des deux gaz, au coefficient de compressibilité près ; la composition en concentration moléculaire du mélange est par suite avec une approximation suffissnte :[1]

$$C' \% = \frac{100\,p'}{p\,\frac{1-A'}{1-A} + p'}$$

L'appareil est entièrement construit en verre soudé et complètement privé d'air, dont la présence empêcherait la condensation des gaz dans le tube cryoscopique ; ceux-ci sont d'ailleurs purifiés et fractionnés dans le vide, à l'aide des appareils en usage au laboratoire de Genève. Si l'un des gaz est remplacé par un liquide, on introduira ce dernier dans le tube-laboratoire, après pesée, à l'aide d'une éprouvette munie d'un ajutage conique parfaitement rodé, qui permet d'opérer sans aucune rentrée d'air, dont la présence s'opposerait à toute mesure.

Voici maintenant quelques résultats obtenus à l'aide de cette méthode ; ceux-ci se rapportent uniquement à la recherche des produits d'addition intermédiaires dans quelques réactions de substitution[2] :

précision des poids atomiques de précision : Synthèse de N_2O_4 à partir de $2NO + O_2$ (Scheuer, *Akad. Anz. Wien*, 1912, n° 5 ; Wourtzel, *Journ. ch. phys.*, 1913, **11**, 214 ; Synthèse de N_2O_4 à partir de $2N_2O_3 + O_2$ (Scheuer, *loc. cit.*) ; Synthèse de NOCl à partir de $2NO + Cl_2$ (Boubnoff et Guye, *Journ. ch. phys.*, 1911, **9**, 290 ; E. Wourtzel, *loc. cit.*) ; Synthèse de NH_4Cl à partir de $NH_3 + HCl$ (Baume et Perrot, *Arch. des sc. phys. et nat.*, 1911 (4), **32**, 249 ; *Jour. ch. phys.*, 1913, **11**, 53).

[1] A et A′ représentent le coefficient de compressibilité des deux gaz C et C′ entre 0 et 1 atmosphère.

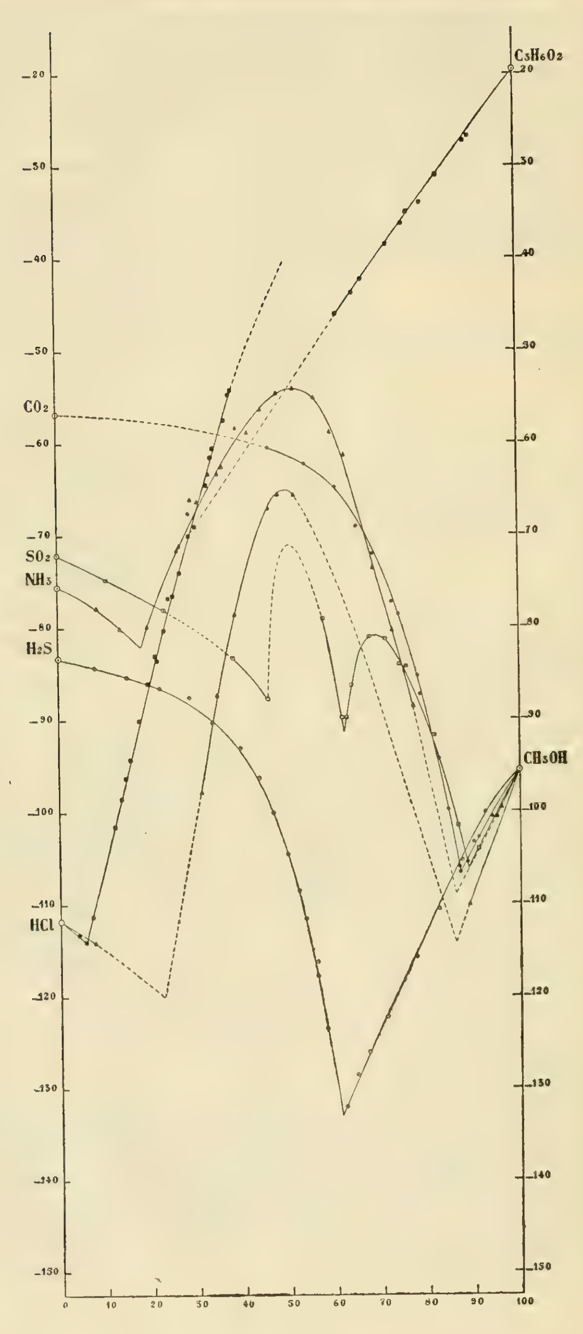
[2] G. Baume, F.-L. Perrot, G.-P. Pamfil et N. Georgitses, *Journ. chim. phys.*, 1914, **12**, *passim*.

SYSTÈMES	Combinaisons caractérisées
$CH_3OH - NH_3$ (G. Baume et F.-L. Perrot).	$CH_3OH + NH_3$, premier stade de la formation des amines.
$CH_3OH - HCl$ (G. Baume et G. Pamfil)...	$CH_3OH + HCl$, premier stade de la formation des dérivés monohalogénés des alcools.
$C_2H_5CO_2H - HCl$ (G. Baume et N. Georgitses)	$C_2H_5CO_2H + HCl$, premier stade de la formation des chlorures d'acides.
$CH_3OH - H_2S$ (G. Baume et F.-L. Perrot).	Pas de combinaison (pas de réaction de substitution).
$CH_3OH - CO_2$ (G. Baume et F.-L. Perrot).	Pas de combinaison (pas de réaction de substitution).
	Etc., etc.

On trouvera dans la figure 2 les courbes de fusibilité se rapportant à ces divers systèmes.

Les résultats obtenus sont tous normaux au point de vue chimique ; mais, comme je l'ai déjà rappelé, l'absence de maximum dans une courbe de fusibilité ne permet pas de conclure à l'absence de toute réaction de substitution à température plus élevée, car la limite inférieure de l'état liquide peut être comprise dans la zone d'indifférence du système, dont l'étendue est parfois considérable. Or le rôle des *catalyseurs* est précisément de diminuer l'étendue de cette zone, et d'abaisser la limite supérieure de la zone d'addition ; mais, tandis que les uns agissent chimiquement, l'action des autres paraît être essentiellement physique.

Je n'insisterai pas ici sur la notion de *catalyseur physique*, dont le rôle revient à élever artificiellement et localement la pression (concentration) ou la température d'un système, et à réaliser par suite un état de chose qu'une élévation de température ou de pression seule permettrait d'obtenir sans leur intervention.



$C_3H_6O_2$
CO_2
SO_2
NH_3
H_2S
HCl
CH_3OH
-20
-30
-40
-50
-60
-70
-80
-90
-100
-110
-120
-130
-140
-150
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100

FIG. 2.

Il n'en est pas de même des *catalyseurs chimiques,* qui doivent, selon les idées de Bredig et de Guye, former une combinaison d'addition avec les substances dont ils facilitent ou provoquent la réaction. Le processus de la catalyse chimique permet par suite d'aborder son étude par les méthodes de l'analyse thermique, le maximum de la courbe de fusibilité caractérisant le composé intermédiaire ainsi formé ; je mentionnerai simplement les belles recherches de Menschutkin sur le rôle des divers sels minéraux en chimie organique (réaction de Friedel et Crafts, etc.), les travaux chimiques de Reddelien sur le rôle du chlorure de zinc dans un grand nombre de réactions, ainsi que les essais que j'ai récemment effectués avec la collaboration de M. le Dr Pamfil sur le mécanisme de l'estérification [1] :

L'analyse thermique nous a montré que la courbe de fusibilité du système *acide propionique-alcool méthylique* est parfaitement normale avec un seul eutectique et sans maximum (Fig. 3).

D'autre part l'acide propionique et l'alcool méthylique forment avec l'acide chlorhydrique des combinaisons de la forme :

$$C_2H_5 . CO_2H + HCl \quad , \quad CH_2OH + HCl$$

En introduisant dans un tube cryoscopique une quantité connue de la combinaison $C_2H_5 . CO_2H + HCl$, et en lui ajoutant des quantités croissantes, également connues, d'alcool méthylique, nous avons pu établir la courbe de fusibilité du système :

$$(C_2H_5 . CO_2H + HCl) - CH_3OH$$

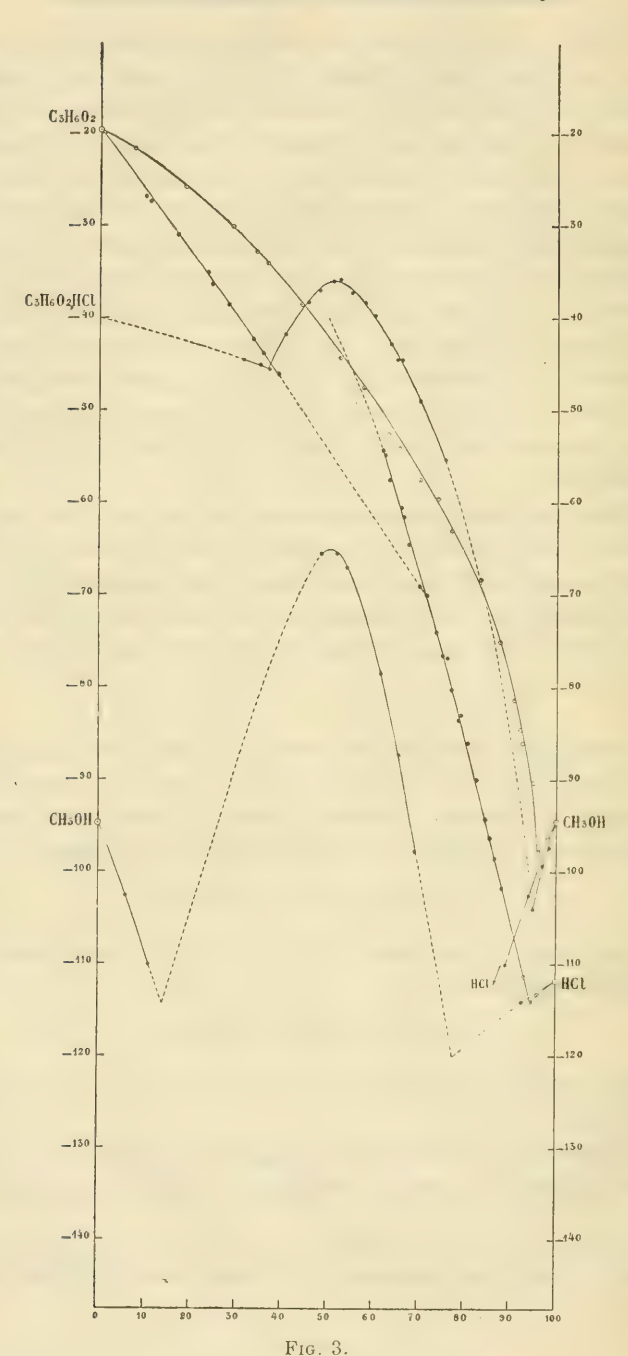
qui présente un maximum très net (Fig. 3) caractérisant la combinaison triple :

$$C_2H_3 . CO_2H + HCl + CH_3OH$$

Cette combinaison constitue le premier stade de la formation des esters.

En partant, au contraire, du composé $CH_3OH + HCl$ et en l'additionnant de quantités croissantes d'acide propionique,

[1] B.-N. Menschutkin, *Journ. chim. phys.*, 1911, **9**, *passim ;* Reddelien, *Ann.*, 1912, **338**, 165 ; G. Baume et G.-P. Pamfil, *C. R.*, 1912, **155**, 426.



$C_3H_6O_2$
$C_3H_6O_2HCl$
CH_3OH
CH_3OH
HCl
HCl
−20
−30
−40
−50
−60
−70
−80
−90
−100
−110
−120
−130
−140
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100

Fig. 3.

nous avons constaté que la température de solidification commençante d'un mélange donné variait très rapidement au cours de mesures successives (Fig. 4). Ces résultats confirment, par voie physico-chimique, les essais directs qui ont permis de constater la formation de propionate de méthyle dans les conditions de ces expériences ; celles-ci se trouvent par suite situées dans la zone de substitution. L'étude de l'estérification permet ainsi, par l'analyse thermique, de caractériser sur le même exemple les trois stades de la réaction chimique : *indifférence, addition, substitution.*

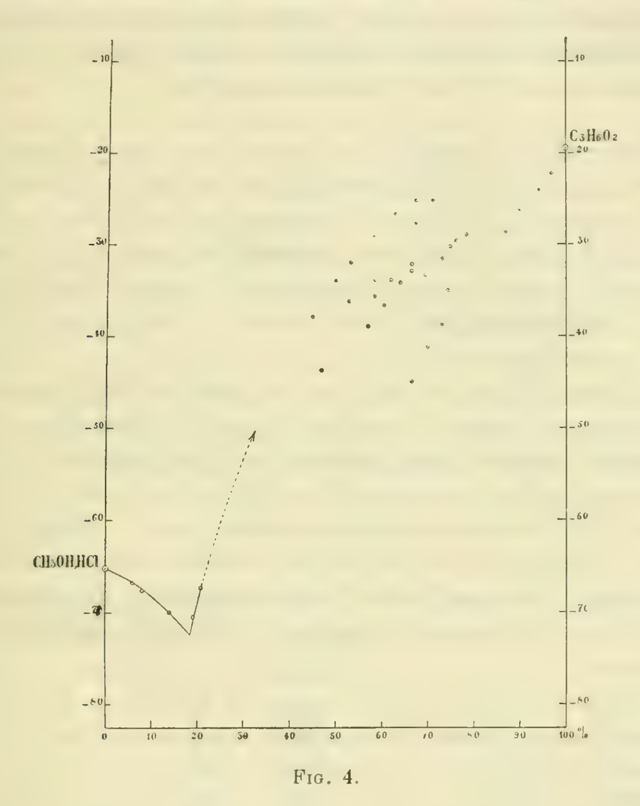


Fig. 4.

II. Réactions de dissociation

A côté des réactions comprenant la formation de produits d'addition entre les substances réagissantes, vient se placer

le groupe des réactions qui se produisent à la suite d'une dissociation préalable des molécules ; à ce groupe appartiennent les réactions ioniques et atomiques, dont l'état naissant est un remarquable exemple. Or les résultats auxquels Briner est récemment parvenu et que je désire rappeler ici, ont notamment permis de préciser le rôle des atomes dans un certain nombre de cas particulièrement intéressants.

L'idée de l'intervention des atomes dans les phénomènes chimiques est déjà très ancienne, et l'on connaît les expériences qui ont permis de déceler l'existence de la dissociation du brôme, de l'iode, du soufre en éléments atomiques. Les recherches de Langmuir sur la dissociation de quelques gaz à très haute température sont moins connues ; je me permettrai de les rappeler brièvement :

Langmuir, à la suite d'une étude détaillée de l'accroissement anormal, aux températures très élevées, de la consommation d'énergie nécessaire pour maintenir un fil de tungstène à température fixe dans une atmosphère d'hydrogène, a admis l'existence d'une véritable dissociation de ce gaz en atomes, qui permet d'expliquer très simplement l'ensemble des phénomènes observés[1]. Voici quel serait l'ordre de grandeur des pressions partielles des atomes d'hydrogène à différentes températures absolues :

293°	5.4×10^{-45} atm.	3100°	0.44 atm.		
500°	1.7×10^{-25} »	3500°	0.93 »		
1000°	5.8×10^{-11} »	3900°	0.97 »		
2000°	1.3×10^{-3} »	4500°	0.99 »		
2500°	0.039 »	5000°	1.00 »	(dissoc. totale)	

Reprenant la même hypothèse avec d'autres gaz, Langmuir a montré que, dans le cas de l'azote, la dissociation doit être beaucoup plus faible et ne pas dépasser 5 % à 3500° à la pression atmosphérique ; mais elle existe certainement, et c'est là le point important.

Je n'insisterai pas sur l'intérêt de ces résultats pour l'analyse spectrale, l'étude des températures des astres et de leurs varia-

[1] Langmuir, *J. am. Chem. Soc.*, 1912, **34**, 860.

tions ; il me suffira de mentionner les faits suivants, pour que l'on puisse juger de leur importance :

On sait que la formation des composés endothermiques est favorisée par une élévation de température ; or, comme l'a fait très justement remarquer Briner [1], cette conséquence du principe de Le Chatelier-Van't Hoff heurte notre sens chimique, habitué à concevoir la destruction des édifices moléculaires par l'action de températures suffisament élevées ; mais cette contradiction disparaît, si l'on fait précisément intervenir la dissociation des molécules en atomes, la chaleur de formation des molécules à partir des atomes étant toujours très considérable (environ 300 calories pour l'azote) : *tous les composés seront donc exothermiques à partir des atomes.* Par suite, aux températures élevées, lorsque les molécules sont dissociées, la formation des corps dits *endothermiques* (qui ne sont endothermiques que parce que leur chaleur de formation est évaluée à partir des molécules) deviendra exothermique, et leur concentration diminuera, conformément à la loi commune, par élévation de température : *la concentration de ceux-ci doit donc passer par un maximum.*

Une vérification immédiate de ces conceptions a été faite par Briner et Guye [2] dans la fabrication industrielle de l'acide nitrique à partir de l'air atmosphérique :

Les essais industriels montrent, en effet, que dans la combustion de l'air, le rendement en bioxyde d'azote, corps endothermique croît d'abord lorsque la température du four s'élève, mais qu'à partir d'une certaine valeur de celle-ci le rendement, au lieu de continuer à croître, diminue sensiblement ; il y a donc pour les fours à azote une température *optima* qu'il ne faut pas dépasser. Ce phénomène si important serait tout à fait incompréhensible si l'on n'admettait pas la dissociation atomique.

Ainsi, dans les phénomènes où ils interviennent, les atomes doivent être les éléments actifs du gaz entrant en réaction :

[1] E. Briner, *C. R.*, 1912, **155**, 1149 ; *Journ. ch. phys.*, 1914, **12**, 109.

[2] Cf. Ph.-A. Guye, Encyclopédie de Sc. chimique appliquée de Chabrié, t. IV (Paris 1914).

Briner[1] a très justement fait remarquer que l'on pouvait faire intervenir la concentration des atomes dans les équations de la mécanique chimique où ils interviennent, en opérant comme l'ont fait Arrhénius et Ostwald à l'égard des ions, et en admettant que la vitesse d'une telle réaction est proportionnelle à la concentration des atomes libres. La constante de dissociation (constante d'équilibre) permettra ainsi de caractériser la vitesse des réactions en milieu homogène gazeux.

Mais on peut aller plus loin encore ; en effet, la température d'un gaz est donnée par l'énergie cinétique moyenne de ses molécules, qui n'ont évidemment pas toutes la même vitesse, *de sorte qu'un volume fini de gaz contient des molécules à toutes les vitesses et, par suite, à toutes les températures;* on peut même calculer la répartition des vitesses moléculaires à l'aide de l'équation célèbre de Maxwell qui, ainsi que nous le verrons plus loin, ne s'applique en réalité qu'aux gaz monoatomiques. Ainsi J. Duclaux[2] a calculé que dans un gaz à 25°, $^1/_{100}$ des molécules ont une température supérieure à 800°, et $^1/_{1000}$ sont à plus de 1300° ; un tel gaz peut donc contenir des molécules ayant une vitesse suffisante pour être dissociées en atomes, et l'on peut expliquer ainsi[3] pourquoi le rôle des atomes peut commencer bien au-dessous des températures où leur concentration semble appréciable, de même que l'on peut concevoir l'existence simultanée, dans un même fluide, des trois zones *d'indifférence, d'addition* et de *substitution,* caractérisées par des températures différentes des molécules qui les constituent.

III

J'arrive ainsi au dernier paragraphe de mon exposé. Je voudrais montrer rapidement comment l'équation de Maxwell, généralisée et rendue applicable à tous les gaz par Berthoud, permet de préciser les conditions de production des réactions

[1] E. Briner, *C. R.*, 1913, **157**, 281 ; *Journ. ch. phys.*, 1914, **12**, 109.
[2] J. Duclaux, *C. R.*, 1911, **152**, 1176.
[3] Cf. E. Briner, *loc. cit.* ; G. Baume, *Journ. ch. phys.*, 1913, **11**, 386.

d'addition et des réactions de dissociation dans le cas des systèmes gazeux, et comment l'on peut, à l'aide de la théorie des quanta, étendre ces développements à tous les états de la matière.

L'équation originale de Maxwell est de la forme :

$$dn = \mathrm{KN} \left(\frac{\mathrm{V}}{\mathrm{V}_0}\right)^3 e^{-\frac{3}{2}\frac{\mathrm{V}^2}{\mathrm{V}_0^2}} \frac{d\mathrm{V}}{\mathrm{V}}$$

où N représente le nombre total des molécules contenues dans la masse de gaz considérée, dn le nombre des molécules dont les vitesses sont comprises entre V et V $+ d$V, et V_0 la moyenne quadratique des vitesses.

Or, Berthoud a montré[1] qu'en remplaçant dans l'équation de Maxwell le nombre 3 par la chaleur moléculaire à volume constant C_v du gaz, on obtenait une équation identique à celle que la thermodynamique permet d'établir. Ce résultat et ses conséquences remarquables, qui montrent qu'un gaz en équilibre cinétique est également en équilibre thermodynamique, donnent un grand intérêt à la formule modifiée de Berthoud qui conduit, ainsi que l'a remarqué son auteur, à des courbes différentes de répartition des vitesses moléculaires selon la valeur de C_v : le nombre des molécules dont les vitesses sont très éloignées de la vitesse moyenne, diminue quand la capacité calorifique croît ; *les vitesses moléculaires tendent alors à s'égaliser.*

J'ai établi (Fig. 5) les courbes de répartition des vitesses pour diverses valeurs de C_v, supposé constant le long d'une même courbe ; leur allure varie d'une façon notable selon la valeur de C_v : ainsi pour une même valeur de l'abcisse ($T/T_0 = 3$ par exemple), les ordonnées rapportées à une même valeur que l'ordonnée maxima ($= 1$) sont égales à 0,1 pour $C_v = 3$ (Argon), 10^{-5} pour $C_v = 25$ (l'alcool méthylique), 10^{-9} pour $C_v = 45$ (acétate d'éthyle). L'égalisation des vitesses est donc très rapide, lorsque C_v croît, ce qui a pour effet de rapprocher la

[1] A. Berthoud, *Journ. ch. phys.*, 1911, **9**, 352 ; 1912, **10**, 573 ; 1913, **13**, 577.

valeur de la vitesse la plus probable que prennent les molécules et celle de la vitesse quadratique moyenne.

Les conséquences physicochimiques de ce fait sont nom-

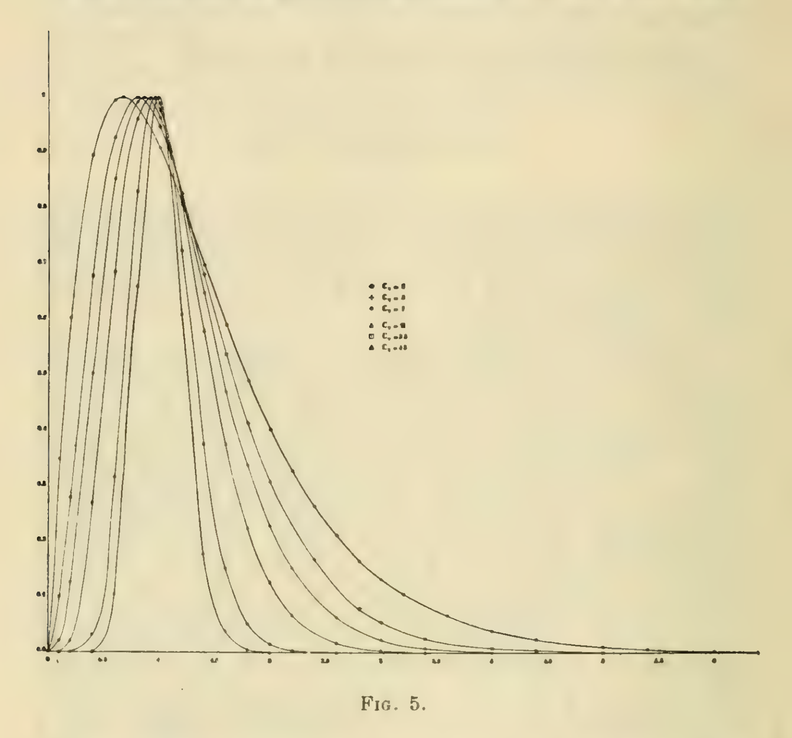


Fig. 5.

breuses ; je ne retiendrai ici que celles qui ont trait aux cas les plus simples des réactions chimiques[1] :

1° La loi de distribution des vitesses moléculaires permet d'abord de confirmer l'hypothèse d'Arrhénius, d'après laquelle les molécules d'un système ne sont pas toutes en état de réagir[2], car si elles étaient toutes dans le même état, la vitesse d'une réaction serait nulle ou infinie. Il n'existe donc qu'un certain nombre de *molécules actives,* et la vitesse de réaction est proportionnelle à leur concentration. Lorsque la vitesse de réac-

[1] G. Baume, *C. R.*, 1913, **157**, 774 ; *Arch. des sc. phys. et nat.*, 1913 (4), **36**, 439.

[2] Arrhénius, *Zeits. phys. chem.*, 1890, **4**, 231 ; 1890, **28**, 417.

tion est mesurable, le nombre des molécules actives doit être assez faible, et la vitesse moyenne des molécules du système est, par suite, sensiblement différente que celle que possèdent ces molécules actives. Un calcul simple permet alors de retrouver le résultat expérimental bien connu, à savoir que la vitesse de réaction doit approximativement doubler ou tripler pour une élévation de température de 10°.

2° L'augmentation relative du nombre des molécules actives, pour une élévation donnée de température, croît avec C_v, puisque la pente des courbes croît avec la capacité calorifique. Par suite, l'accroissement de la vitesse de réaction est d'autant plus rapide que C_v est plus grand, et par suite, en première approximation, que les molécules sont plus complexes, conformément à l'expérience.

3° Les molécules actives ont une vitesse d'autant plus voisine de la vitesse moyenne que C_v est plus grand. Par suite, les substances présentant un fort développement de vitesse réagiront de préférence selon le processus atomique ou plus généralement de dissociation, surtout dans les systèmes à température élevée ou dans ceux qui leur sont assimilables ; les réactions intermédiaires d'addition se produisent au contraire avec les substances à chaleur moléculaire élevée, qui excluent l'existence, en nombre appréciable, de molécules à température très différente de la température moyenne du système. On retrouve ainsi dans ce dernier cas, et pour des valeurs suffisamment élevées de C_v, la classification de Guye dans sa discontinuité primitive, puisque les diverses molécules du gaz ont alors une température vraie très voisine de celle qu'indique le thermomètre.

La démonstration thermodynamique de l'équation de Maxwell-Berthoud étant fondée sur la constance de la capacité calorifique C_v, il est possible d'étendre les notions que j'ai précédemment développées en faisant intervenir les variations de C_v avec la température, conformément aux données de la théorie des quanta[1], dont la forme même permet d'étendre les

[1] G. Baume, *C. R.*, 1914, **158**, 1177.

raisonnements suivants aux divers états de la matière. Voici d'abord quelques chiffres qui permettent de se rendre compte de l'importance de ces variations :

Gaz	Valeur pr des mol. rigides	C_v à -100° c.	C_v à 0° c.	C_v à 100° c.	C_v à 500° c.
A	2.98	2.98	2.98	2.98	2.98
H_2 [1]	4.96	env. 4	4.75	4.78	5.20
N_2	4.96	3.52	4.90	4.93	5.35
CO_2, SO_2	5.96	—	6.80	7.43	9.43
$(C_2H_5)_2O$	5.96	—	32 env.	32.6	41.6 à 300°

Or, l'énergie totale absorbée par une molécule sous forme de chaleur spécifique à volume constant C_v se répartit en énergies de translation, de rotation et d'oscillation [2] : on démontre que les variations de ces deux dernières, nulles dans les molécules monoatomiques ou à très basse température, doivent procéder par *quanta*, dont l'hypothèse ne semble s'appliquer qu'aux phénomènes périodiques ; le nombre des molécules d'un système ainsi modifiées de façon discontinue sous l'action de la température (lorsque C_v est supérieur à 3), croît avec celle-ci ; et il est raisonnable d'attribuer, au moins partiellement, ces discontinuités aux relâchements brusques ou ruptures des liaisons qui réunissent les atomes, toute absorption d'un quantum diminuant la solidité de celles-ci [3]. L'expérience prouve d'ailleurs que la valence d'un élément décroît lorsque la température s'élève : on doit à Bruylants [4] d'avoir mis ce fait en évidence d'une manière particulièrement heureuse, et nous avons pu vérifier ces conceptions aux basses températures ; nos recher-

[1] C_v = 2.98 à 60° absolus (Eucken).

[2] Je montrerai ailleurs l'indépendance possible de ces trois énergies ; celle-ci est en rapport étroit avec les phénomènes photochimiques et la notion de déformation de la molécule, ainsi qu'avec nos essais, récemment entrepris, sur les phénomènes physicochimiques dans les corps et systèmes en mouvement. Le faible coefficient de température d'un grand nombre de réactions photochimiques en est une conséquence.

[3] Cf. J. Perrin, « Les Atomes », Paris, 1913, passim.

[4] P. Bruylants, la Valence Chimique (Mémoire couronné par l'Académie Royale, Bruxelles 1912).

ches sur les courbes de fusibilité des systèmes volatils ont, en effet, permis de caractériser à des températures inférieures à —100° des composés oxoniens de la forme[1] (Fig. 6) :

$$\begin{array}{ccc} CH_3 \diagdown & & \diagup CH_2 \\ & O & \vert \\ CH_3 \diagup & & \diagdown CH_2 \end{array} \qquad\qquad \begin{array}{ccc} CH_3 \diagdown & & \diagup NO \\ & O & \\ CH_3 \diagup & & \diagdown NO \end{array}$$

combinaisons qui n'existent pas à des températures plus élevées, ainsi que l'ont montré les belles recherches de Briner et Cardoso sur la compressibilité des systèmes gazeux[2].

On peut ainsi concevoir un mécanisme simple des transformations chimiques, déjà précisées par l'équation de répartition des vitesses de Maxwell-Berthoud. Le raisonnement suivant s'applique aisément aux divers cas connus ; je le limiterai, pour abréger, aux réactions de substitution avec formation d'un produit d'addition intermédiaire[3] :

On sait que, d'après les idées récemment développées par Guye et que j'ai rappelées plus haut, les réactions de ce groupe doivent comprendre trois zones bien distinctes : *zone d'indifférence* à basse température, puis, à température plus élevée, *zone d'addition,* et enfin *zone de substitution.* Or, les molécules à vitesses faibles, mais supérieures à celles de la zone d'indifférence, présentent un petit nombre de liaisons libérées ; elles peuvent fixer la molécule d'autres substances en formant un produit d'addition à l'aide des valences qui ne sont plus saturées par la molécule elle-même. La molécule d'addition ainsi formée, amenée cinétiquement à une température plus élevée, pourra se dédoubler, soit par rupture des liaisons nouvellement formées *(dissociation du produit d'addition),* soit par rupture complète des liaisons existant entre divers atomes de la molécule primitive *(réaction de substitution).* Tels sont précisément les deux cas expérimentaux de décomposition des produits d'addition, que nos recherches sur les systèmes volatils ont permis de contrôler sur des exemples élémentaires.

[1] G. Baume et A.-F.-O. Germann, *C. R.*, 1911, **153**, 569.
[2] E. Briner et E. Cardoso, *Journ. ch. phys.*, 1908, **6**, 641.
[3] G. Baume, *C. R.*, 1914, **158**, 1177.

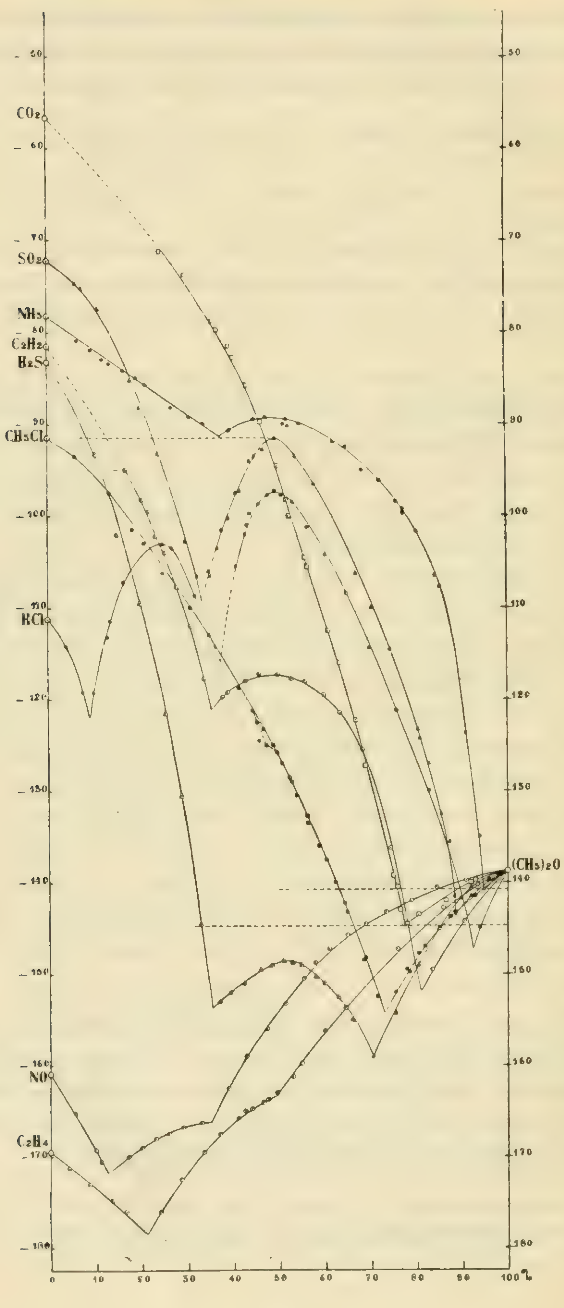

CO₂
SO₂
NH₃
C₂H₂
H₂S
CH₃Cl
HCl
NO
C₂H₄
(CH₃)₂O
50
60
70
80
90
100
110
120
130
140
150
160
170
180
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100 %

Fig. 6.

L'hypothèse des quanta permet de plus, de retrouver la classification de Guye dans sa discontinuité primitive, les trois zones d'indifférence, d'addition et de substitution étant pratiquement délimitées dans un système de molécules lorsque C_v atteint une valeur suffisante : nous avons vu que l'on pouvait isoler expérimentalement les produits d'addition intermédiaires dans des conditions convenablement choisies. Elle permet également de donner une base simple au postulat constamment employé en chimie, où l'on raisonne, sans toujours le dire assez clairement (comme l'a très justement fait remarquer Perrin), comme si les molécules réagissantes éprouvaient le plus faible bouleversement intérieur qui soit compatible avec la réaction.

Une telle interprétation du mécanisme de la réaction chimique permet enfin de ne pas attribuer à tous les « *chocs* » *moléculaires* l'origine de la rupture des molécules : ce résultat est conforme aux données de la mécanique chimique, selon laquelle la proportion transformée par seconde d'une masse donnée de substance est, *dans une réaction monomoléculaire,* indépendante de la concentration. En effet, si n est l'ordre de la réaction (nombre de molécules réagissant entre elles) dans le cas simple d'un système comportant un seul constituant et éloigné de son état d'équilibre, et si v et c représentent la vitesse de celle-ci, et la concentration du système, il vient immédiatement [1]

$$v = Kc^n$$

Dans le cas particulier d'un système gazeux dont p représente la pression, on aura :

$$v = K'p^n$$

Or l'équilibre ainsi atteint sera, en général, différent de celui qui est réalisé à la pression atmosphérique [1], et une forte élévation de pression, tout en accélérant l'établissement de l'équilibre, amènera, dans certains cas, la condensation des

[1] Briner et Wroczynski, *Journ. ch. phys.*, 1911, 9, 105 ; *Arch. sc. phys. et nat.*, 1911 (4), 32, 389. — Parmi les déplacements d'équilibres par la pression qui aient été récemment étudiés se trouvent les intéressantes recherches de Briner et Durand sur les conditions de formation des

produits de la réaction, et par suite, la transformation du système homogène en système hétérogène[1].

Un point très important, mis en évidence par les recherches de Briner et Wroczynski, est le suivant : une pression suffisamment élevée est de nature à susciter des réactions qui se produisent habituellement dans un intervalle de temps hors de proportion avec ceux que l'on peut observer dans les laboratoires et déduire des relations cinétiques. Par suite, les recherches sur la compressibilité et les autres propriétés *physiques* des gaz et systèmes gazeux aux pressions élevées peuvent être entravées par la production de phénomènes chimiques, lorsque le système n'a pas atteint son état d'équilibre le plus stable.

Parmi les travaux publiés par Briner et Wroczynski, je signalerai leurs études sur la formation de l'eau où le rôle des parois intervient sous une forme très remarquable, la synthèse quantitative de l'anhydride sulfurique à partir de SO_2 et de l'oxygène, à 200° et sous 200 atm. sans l'intervention d'aucun catalyseur, l'action de l'oxyde azotique sur HCl, qui conduit à la formation de chlorure de nitrosyle, et la décomposition du gaz NO selon les deux réactions simultanées suivantes, dont la seconde est dominante[2] :

$$2NO = O_2 + N_2 \quad , \quad 2NO = N_2O + {}^1/_2O_2$$

L'étude de ce dernier phénomène a été récemment reprise avec tout le soin désirable par Briner et Boubnoff[3], qui ont

acides nitreux et nitriques à partir des oxydes d'azote et de l'eau (*C. R.*, 1914, **155**, 582 et 1495). Celles-ci ont montré que les trois systèmes :

$$N_2O_3 + H_2O \rightleftharpoons 2NO_2H \qquad (1)$$
$$2NO_2 + H_2O \rightleftharpoons NO_2H + NO_3H \qquad (2)$$
$$3NO_2H \rightleftharpoons 2NO + H_2O + NO_3H \qquad (3)$$

sont réversibles et qu'on peut interpréter tous les résultats obtenus à l'aide de la loi des masses actives, chacune de ces réactions tendant à s'effectuer dans le sens endothermique par élévation de température. On conçoit ainsi que l'on puisse obtenir NO_2H à l'état de pureté par abaissement de la température et élévation de la pression de NO.

[1] Briner et Wroczynski, *loc. cit.*

[2] Nos conceptions actuelles permettent de rendre compte aisément de la possibilité de ces réactions simultanées.

[3] Briner et Boubnoff, *Journ. ch. phys.*, 1913, **11**, 597.

montré que la décomposition de NO sous pression était parfaitement régulière : les phénomènes observés sont en parfait accord avec les données de la cinétique chimique *et peuvent être soumis au calcul.* Une extrapolation, jusqu'à la pression atmosphérique[1], des résultats obtenus à la température ordinaire conduit aux résultats suivants :

Pression initiale	Temps pour une transformation de $^1/_{1000}$
1000 atmosphères	1 min. 40 sec.
100 »	10 heures
1 atmosphère	19 ans

Ce résultat est à joindre à tous ceux que Briner a déjà relevés à l'encontre des théories qui admettent uniquement la réalité des faux-équilibres chimiques; l'origine de ceux-ci doit être attribuée en général à une vitesse très faible ou à un ralentissement considérable de la réaction chimique dans les conditions de l'expérience[2], selon qu'il ne semble se produire aucune réaction ou que le phénomène paraisse prendre fin avant que l'équilibre ne soit atteint : le premier cas se produira dans les systèmes réguliers, l'autre relève de la catalyse; tous deux seraient de la forme $V = F : R$ (R étant grand), V désignant la vitesse de réaction, F et R désignant la force et la résistance chimique.

Pour trancher définitivement cette question, il serait désirable, comme l'ont fait remarquer Briner et Boubnoff, que d'autres réactions fussent également soumises à des observations de très longue durée, faites dans des conditions aussi variées que possible : les raisonnements que nous avons précédemment développés, immédiatement applicables aux phénomènes réversibles, permettent en effet de concevoir[3] des *faux-équilibres apparents* de la forme $V = F : R$ et des *faux-*

[1] Cette extrapolation est légitime, puisqu'elle se rapporte à une température constante, et qu'elle ne fait intervenir par suite que la loi des masses actives.

[2] E. Briner, *Journ. ch. phys.*, 1912, **10**, 129.

[3] G. Baume, *C. R.*, 1914, **158**, 1177.

équilibres réels, assimilables au frottement mécanique et, par suite, de la forme V = F — R[1].

Ces raisonnements peuvent être également appliqués à la classification des phénomènes de catalyse : l'action des catalyseurs revient en effet soit à une sélection simple des molécules actives, soit à un apport d'énergie (énergie vibratoire, déformation de la molécule), soit à un phénomène chimique avec formation d'un produit d'addition intermédiaire instable *(catalyse chimique)*[2].

L'hétérogénéité des systèmes gazeux est donc complète à l'échelle moléculaire ; on sait que des expériences récentes permettaient déjà de considérer un grand nombre d'entre eux comme pseudo-homogènes à l'échelle ordinaire de nos observations[3].

Je suis arrivé, Messieurs, au terme de mon exposé : celui-ci nous a conduit, je crois, par le développement naturel des faits et des raisonnements, à une vision un peu plus nette du mécanisme de certaines réactions chimiques, et aussi à la conclusion suivante : c'est que la théorie des quanta, comme beaucoup d'autres chapitres analogues, a passé du domaine de la physique dans celui de la chimie-physique.

[1] Cf. P. Duhem, « Thermodynamique et chimie », Paris, 1910, p. 431 et suiv., et E. Briner, *loc. cit.*

[2] G. Baume, *J. ch. phys.*, 1913, **11**, 384.

[3] Cf. E. Briner, *Journ. ch. phys.*, 1911, **9**, 771 ; 1912, **10**, 129 ; G. Baume, *loc. cit.*

CONSIDÉRATIONS THERMODYNAMIQUES

SUR LES

ÉQUILIBRES PHOTOCHIMIQUES

PAR

A. SCHIDLOF

(NOTE COMPLÉMENTAIRE)

Des circonstances indépendantes de notre volonté ne nous ayant pas permis, lors de la publication de notre étude thermodynamique, parue dans le numéro de juin de ce périodique [1], de développer le sujet aussi complètement que nous l'aurions désiré, nous nous voyons dans l'obligation, pour le moment, d'attirer l'attention sur un fait, omis dans ce travail, et qui nous semble être en faveur de notre point de vue.

Nous reviendrons d'ailleurs prochainement encore sur ce sujet, en examinant particulièrement l'influence du rayonnement sur la vitesse des réactions photochimiques.

I. On peut aussi avoir une indication assez significative en ce qui concerne l'influence du rayonnement sur l'équilibre photochimique, en se passant de toute hypothèse quant à la nature de cette influence. En faisant deux suppositions spéciales relativement aux propriétés du système chimique envisagé, il est possible de démontrer que la loi de l'équilibre photochimique ne peut dépendre que du rapport $\frac{\nu}{T}$, ν étant la fréquence et T la température du rayonnement monochromatique.

[1] *Archives*, 1914, t. XXVII, p. 493.

Admettons que :

1° L'équilibre thermochimique du système soit indépendant de la température. Il est nécessaire et suffisant pour cela que la tonalité thermique de la réaction en question (effectuée à volume constant) soit nulle, quelle que soit la température du système.

2° L'équilibre soit en outre indépendant de la pression. Cette seconde supposition se trouve satisfaite si le nombre de molécules présentes reste constant au cours de la réaction.

Nous supposerons en outre que le système chimique soit un mélange de gaz et que la sensibilité photochimique du mélange s'étende à un intervalle de fréquences de grandeur finie, compris entre deux fréquences ν_1 et ν_2.

Il est à remarquer que quoique ces suppositions soient très particulières, en ce qui concerne les propriétés du système chimique, le résultat sera général, quant à l'action du rayonnement, car nous ne faisons aucune hypothèse sur cette action. Considérons alors un cylindre à parois parfaitement réfléchissantes, muni d'un piston mobile à surface réfléchissante. Ce récipient renferme un rayonnement monochromatique et le mélange de gaz en question. Grâce à la conductibilité des parois du cylindre le système peut être porté à une température quelconque au moyen d'une source de chaleur placée *à l'extérieur*. Cette source ne pourra, par contre, pas échanger de chaleur avec le rayonnement par l'intermédiaire des parois du récipient, grâce à leur pouvoir réflecteur supposé parfait. Si nous faisons momentanément abstraction de la présence du rayonnement et si nous supposons qu'on élève progressivement la température du mélange gazeux, l'équilibre entre les différents constituants subsiste tel que, grâce à notre supposition 1°. Si on fait intervenir le rayonnement, l'équilibre thermodynamique cesse d'exister dès que la température du gaz varie, puisqu'alors le système chimique se trouve à une température différente de celle du rayonnement actif. L'équilibre ne pourra être rétabli que grâce à des transformations chimiques produites dans le système gazeux.

Si cependant, en même temps que l'élévation de la température du gaz, on produit une compression adiabatique infiniment

lente du rayonnement, et si on a soin de procéder de telle manière que la température du gaz reste à chaque instant égale à celle du système chimique, l'équilibre thermodynamique subsiste *sans qu'il y ait modification de la constitution du système chimique.* Il ne faut pas oublier en effet qu'en vertu de la suppositon 2° la compression ne changera nullement le rapport des concentrations.

D'autre part, en vertu de la loi du déplacement de Wien, une compression adiabatique infiniment lente modifiera la température T et la fréquence ν du rayonnement de telle façon que le rapport $\frac{\nu}{T}$ reste constant. Si l'on représente l'influence du rayonnement sur l'équilibre photochimique par une fonction de T et de ν — fonction que nous avons nommée le « facteur photochimique »[1] — il résulte de la démonstration précédente que *le facteur photochimique ne peut être fonction que de l'argument* $\frac{\nu}{T}$.

II. Le théorème précédent étant indépendant de toute hypothèse particulière sur le mode d'action du rayonnement, il nous a semblé intéressant d'examiner si notre théorie particulière satisfaisait à cette condition. En partant de l'hypothèse que l'intervention du rayonnement dans l'équilibre photochimique est due à une variation du nombre des résonnateurs présents dans le système, nous avons établi la relation suivante (cf. *loc. cit.*, p. 505, équ. 11) :

$$\mathrm{RT} \sum n_i \log c_i = \mathrm{RT} \left[\mathrm{C} \log \mathrm{T} + \log \mathrm{A} - \frac{\mathrm{B}}{\mathrm{T}} - n \frac{c^3 N}{8\pi\nu^2 \mathrm{R}} \int_0^{\mathrm{T}} \frac{\varrho_i d\mathrm{T}}{\mathrm{T}^2} + nN \frac{f(\nu)}{k\mathrm{T}} \right]$$

Montrons que cette formule satisfait au théorème général énoncé plus haut[2]. L'influence du rayonnement sur l'équilibre

[1] *Loc. cit.*, p. 507.

[2] Quant à l'explication des symboles nous renvoyons à notre mémoire précédent. Nous avons remarqué, malheureusement trop tard, que nous avons, sans le vouloir, employé la même lettre c pour représenter des grandeurs de nature très différente. Pour éviter toute confusion, rappelons que par *c avec indice* nous avons voulu représenter des concentrations, alors que par *c sans indice* nous avons représenté la vitesse de la lumière dans le vide.

chimique est exprimée par les deux termes

$$- n \frac{c^3 N}{8\pi\nu^2 R} \int_0^T \frac{\varrho_\nu dT}{T^2} + nN \frac{f(\nu)}{RT}$$

Pour prouver que cette expression ne dépend que du rapport $\frac{\nu}{T}$ il suffit d'utiliser la loi du déplacement de Wien sous la forme :

$$\varrho_\nu = \frac{\nu^3}{c^3} \varphi \left(\frac{\nu}{T}\right)$$

φ étant une fonction de $\frac{\nu}{T}$.

On reconnait alors immédiatement que l'intégrale

$$- \frac{c^3}{8\pi\nu^2} \int_0^T \frac{\varrho_\nu dT}{T^2} = \frac{1}{8\pi} \int_0^T \varphi \left(\frac{\nu}{T}\right) d \left(\frac{\nu}{T}\right) = F \left(\frac{\nu}{T}\right)$$

est une fonction de l'argument $\frac{\nu}{T}$. Quant au dernier terme du second membre, il est nul, si on adopte la première théorie de Planck ($f(\nu) = 0$) et il devient égal à :

$$n \frac{h\nu}{2kT}$$

si on adopte la seconde théorie

$$f(\nu) = \frac{h\nu}{2}.$$

Le facteur photochimique prend la valeur :

$$e^{- \frac{nc^3}{8\pi k\nu^2} \int_0^T \frac{\varrho_\nu dT}{T^2} + n \frac{f(\nu)}{kT}}$$

Il est donc bien fonction de l'argument $\frac{\nu}{T}$.

III. Il importe de rectifier quelques erreurs qui se sont glissées dans notre publication précédente :

A la page 506 nous avons donné comme expression du facteur photochimique

$$e^{\frac{nh\nu}{2kT}} - e^{-\frac{nh\nu}{2kT}}$$

qui n'est pas exacte et qu'il faut remplacer par :

$$\left(e^{\frac{h\nu}{2kT}} - e^{-\frac{h\nu}{2kT}}\right)^n$$

La formule (12) prendra alors la forme :

$$\frac{c_1^{n_1}c_2^{n_2}\ \ldots}{c'^{n'_1}_1 c'^{n'_2}_2\ \ldots} = K\left(e^{\frac{h\nu}{2kT}} - e^{\frac{h\nu}{2kT}}\right)^n$$

et la formule (13) p. 508 deviendra

$$\frac{c_2c_3}{c_1} = K\left(e^{\frac{h\nu}{2kT}} - e^{-\frac{h\nu}{2kT}}\right)^2$$

Nous saisissons cette occasion pour signaler quelques errata :

P. 498, note (dernière formule) : remplacer dans le second membre S_ν par ϱ_ν et dans le troisième ϱ par ϱ^ν.

P. 503, équat. (9) : remplacer c_3 par c^3.

PRÉPARATION D'ALLIAGES

DESTINÉS A DES

RECHERCHES MAGNÉTIQUES

PAR

J. DE FREUDENREICH

Nous nous sommes proposé de faire l'étude magnétique dans les champs faibles de quelques substances qui n'existent pas dans le commerce et qu'il a été nécessaire de préparer spécialement, en vue des recherches, notamment des deux combinaisons définies Fe_2 Ni et Fe_2 Co.

Nous décrirons en détail, dans ce qui suit, les opérations effectuées pour préparer les ferrocobalts, pour lesquels on a fait le plus grand nombre d'essais. Elles ont éte conduites de façon à atteindre un double but. Nous avons cherché à faire, en même temps que les anneaux faisant l'objet de notre travail, des pièces polaires d'électro-aimants pour l'obtention des champs élevés. C'est cette dernière application qui a dicté les dimensions du culot à obtenir.

A la température ordinaire, le ferrocobalt a, comme cela résulte des mesures de Preuss[1], une aimantation à saturation de 9 % environ supérieure à celle du fer, si on la rapporte à l'unité de masse. La densité du ferrocobalt étant de 1 % supérieure à celle du fer, le gain devient de 10 % pour l'aimantation à saturation rapportée à l'unité de volume. La mesure de cette saturation est un critérium commode de la réussite de l'opération. Nous allons décrire d'abord cette mesure.

[1] Preuss, Diss. Zurich 1911.

Mesure de l'aimantation à saturation.

La mesure se fait en comparant l'alliage avec du fer de Kohlswa dont l'aimantation à saturation a été mesurée exactement par M. P. Weiss [1].

Entre les pôles d'un électro-aimant A, excité par les bobines B, se trouve une petite bobine *b*, dans laquelle on introduit rapidement l'échantillon à mesurer *c*, qui a la forme d'un petit

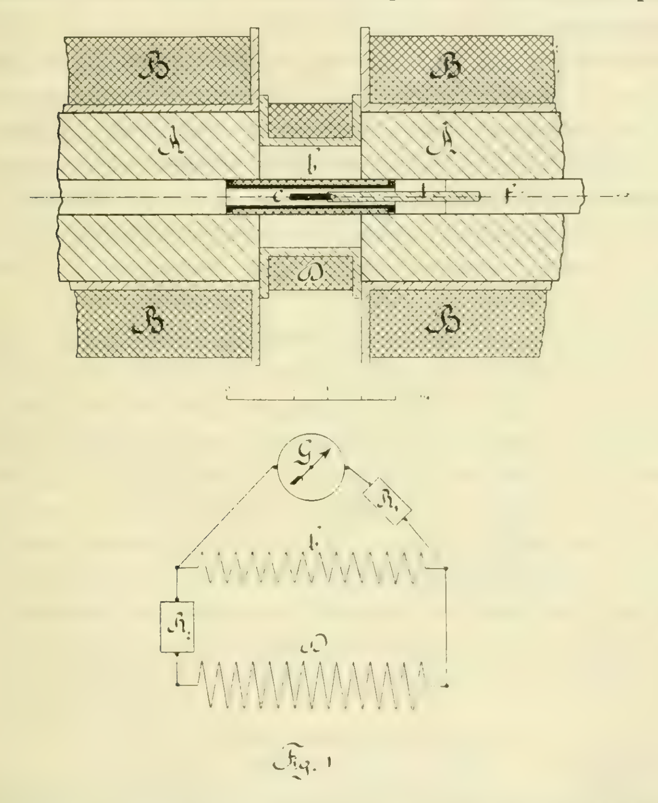


Fig. 1

cylindre de 12 mm. de long et de 2 mm. de diamètre, fixé à une tige de cuivre non magnétique *t*, solidaire d'une pièce de bois *f* glissant dans l'ouverture cylindrique traversant la pièce polaire. La bobine est reliée à un galvanomètre balistique, dont la sen-

[1] P. Weiss, *J. de Phys.*. 1910, 4me s., t. XI, p. 373.

sibilité est réglable par une résistance R_1. Au moment de l'introduction de l'échantillon, le flux magnétique passant par la bobine augmente et la déviation instantanée du galvanomètre est proportionnelle à cette augmentation. La mesure consiste à observer successivement les impulsions du galvanomètre produites par l'alliage et par le fer de Kohlswa et à prendre leur rapport après les avoir ramenées à des masses égales de substance. Le champ de l'électro-aimant employé était de plusieurs milliers de gauss, on pouvait donc compter que la saturation était atteinte.

Les échantillons que l'on veut comparer doivent toujours occuper la même position à l'intérieur de la bobine. La position la plus favorable est celle donnant l'effet d'induction maximum, car celui-ci est alors peu influencé par une petite erreur sur la position de la substance, surtout quand la bobine b est notablement plus longue que l'échantillon. Un cran d'arrêt empêche que la pièce f dépasse cette position au moment de l'introduction.

L'électro-aimant avait l'inconvénient de s'échauffer rapidement ; de ce fait le champ était diminué, ce qui produisait une déviation du galvanomètre. Pour rendre inoffensifs ces courants d'induction, nous avons ajouté une bobine de compensation D, mise en parallèle avec la bobine b. La sensibilité du galvanomètre n'en est pas trop diminuée si cette bobine de compensation a une grande résistance. Elle a été construite avec un grand nombre de tours, ce qui a permis de mettre en série avec elle une résistance de 4400Ω. En variant cette résistance on peut régler la compensation pour tous les champs employés.

Alliages obtenus par l'aluminothermie.

Dans le procédé aluminothermique on réduit les oxydes par de l'aluminium; le métal est obtenu à l'état liquide. La thermite fournie par son inventeur Goldschmidt est de l'oxyde de fer et de l'aluminium en poudre fine. La grande quantité de chaleur dégagée pendant la réaction, qui porterait la température de la thermite à 2500°, permet d'obtenir la fusion non seu-

lement du fer fourni par la thermite, mais encore celle d'autres métaux qu'on y ajoute avant l'opération. A cause du violent bouillonnement qui se produit, on peut être certain que le brassage de la matière est suffisant. Ce procédé extrêmement simple semblait tout indiqué pour des essais de laboratoire ; il n'a malheureusement pas donné de bons résultats.

Avant de fondre de grosses pièces nous avons procédé à des essais préliminaires avec des quantités de 300 à 400 gr., on a employé du cobalt à 98-99 % de Merck. Les fusions étaient faites dans des creusets en terre réfractaire. Ceux-ci se cassaient à ces hautes températures et il fallut les enterrer dans du sable pour empêcher le métal de se répandre. Il était facile de diminuer ou d'augmenter le temps de refoidissement, mais nous n'avons pas constaté de différence provenant de ce fait.

Pour les premières pièces de petites dimensions nous avons obtenu les résultats suivants :

Echantillon	% Co évalué par synthèse	Gain %
1	37,0	7,3
2	35,0	6,8
3	37,0	7,5
4	35,0	7,1
5	35,5	6,2
6	35,5	6,6
7	35,0	6,7
8	34,5	7,2
9	34,5	7,0
10	34,0	6,5

Le gain moyen est de 6,9 %, alors que nous aurions dû atteindre 9 %.

Les échantillons contenaient beaucoup de soufflures. Nous avons opéré sur des quantités plus grandes de matière, comptant qu'une partie au moins du lingot serait assez homogène pour y tailler des pièces polaires d'un électro-aimant. Ces pièces ont donné un gain de 2 %, tandis que des échantillons prélevés dans le même lingot donnaient 4,5 %. Cette nouvelle perte de 4,5 % à 2 % provient en partie de la présence de nombreux trous, et aussi du fait qu'une partie seulement du

circuit magnétique de l'électro-aimant est construite en ferro-cobalt. Ce résultat était peu satisfaisant et nous avons tâché de faire disparaître les soufflures en laissant les pièces se refroidir plus ou moins vite après la fusion, mais sans obtenir de changement notable. Les impuretés de l'alliage sont la principale cause des mauvais résultats. Une analyse chimique faite obligeamment par M. S. à Prato a donné les résultats suivants :

Fer	62,5 %
Cobalt	33,5 %
Aluminium	2,0 %
Silicium et autres impuretés . .	2,0 %

A cette occasion nous avons cherché à nous procurer une vue d'ensemble sur l'influence des impuretés sur l'aimantation à saturation du fer. Un travail de R. A. Hadfied et B. Hopkinson [1] renseigne avec une exactitude suffisante sur l'influence du carbone seul dans le fer. Il se produit un abaissement de l'intensité d'aimantation à saturation proportionnel à la quantité de carbone à raison d'une perte de 6 % pour 1 % de carbone. Nous avons cherché à déduire un renseignement analogue sur l'influence du silicium en mesurant nous-mêmes l'aimantation à saturation d'une série de fers contenant des quantités graduées de silicium. Ces derniers provenaient d'un travail antérieur fait par M. Guggenheim [2]. Malheureusement ces alliages contenaient en quantités notables, outre le silicium, d'autres éléments étrangers tels que le carbone et le manganèse. Il est d'autant plus difficile d'en tenir compte que d'après les expériences de Hadfield et Hopkinson l'effet de deux impuretés simultanées n'est pas toujours égal à la somme des effets de chacune d'elles. Nous avons néanmoins, tant bien que mal, déduit de ces mesures une loi de variation linéaire de l'intensité d'aimantation à saturation en fonction de la teneur en silicium. Elle est représentée, ainsi que l'influence de la teneur en carbone, dans la fig. 2.

[1] R. A. Hadfield et B. Hopkinson, *Proc. Inst. Electr. Engineers*, 1911, part. 206, vol. 46, p. 235.

[2] Guggenheim, Diss. Zürich, 1910.

Les 4 % d'impuretés indiqués dans l'analyse ci-dessus expliquent donc le déficit d'aimantation. On ne connaît pas quantitativement l'influence de l'aluminium, mais les résultats obtenus par l'aluminothermie semblent aussi montrer qu'il est très nuisible.

Voyant qu'il était impossible d'empêcher l'aluminium d'entrer dans l'alliage, nous avons dû abandonner l'aluminothermie et chercher à fondre les métaux au moyen d'une source de chaleur indépendante.

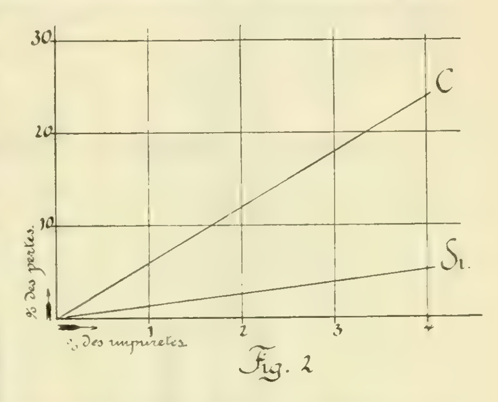


Fig. 2

Tout d'abord nous avons essayé un four à chalumeau oxhydrique de Morgan. Pour les creusets nous nous étions adressés à la maison Méker à Paris. Le four que nous avions à notre disposition ne chauffait pas le creuset d'une façon uniforme et celui-ci se fendait malgré toutes les précautions. En outre le creuset fondait à l'endroit où il recevait la flamme et était rongé par l'oxyde de fer. Ces difficultés nous décidèrent à abandonner aussi ce procédé et à construire un four électrique.

Le four électrique

Le four électrique, représenté dans la fig. 3, est un four à résistance. Un cylindre de charbon C de 30 cm. de haut et de 10 cm. de diamètre avec 1 cm. d'épaisseur de paroi est porté à une température de 1800° à 2000° par un courant électrique de 2000 amp. Il est isolé thermiquement par de la poudre de magnésite[1] M et placé sur une brique B dans une boîte de laiton L fermant hermétiquement.

[1] Les matériaux de magnésite employés dans ce travail ont été fournis à titre gracieux par M. Carl Späte des « Veith'sche Magnesitwerke », Coblenz/Rhein à qui nous adressons nos remerciements.

Nous avons eu à vaincre les difficultés rencontrées dans la mise au point des détails suivants :

I. Réalisation d'un bon contact entre le charbon et les conducteurs. Nous sommes arrivés à un résultat satisfaisant en

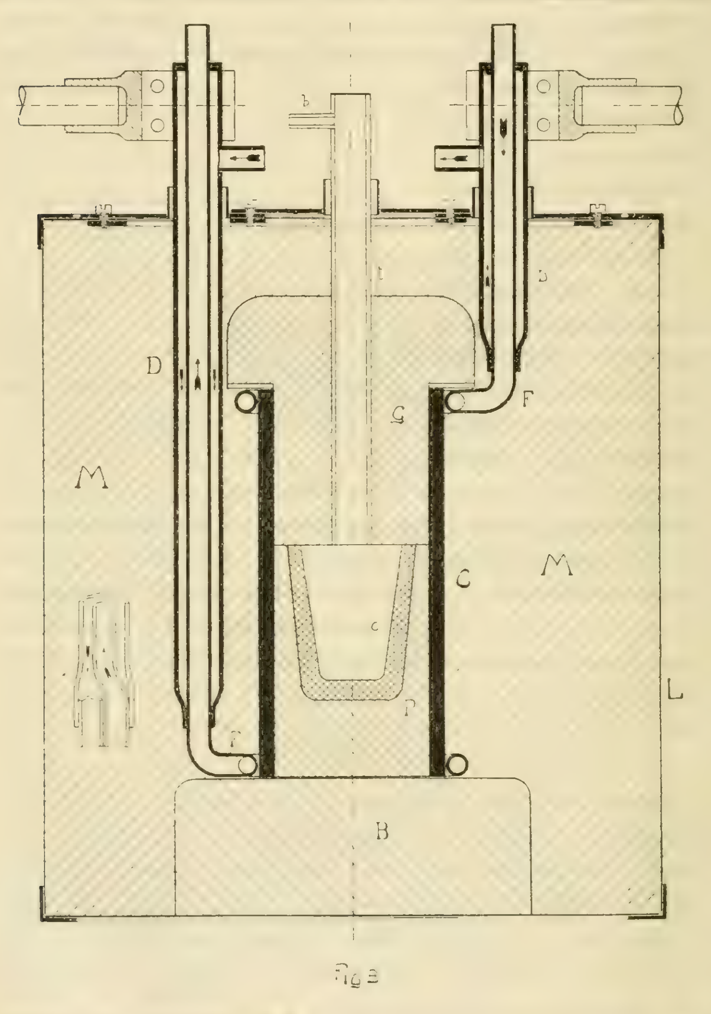


Fig 3

soudant les conducteurs à une couche de cuivre déposée par électrolyse sur les extrémités du charbon. Pour éviter la fusion de la soudure on a choisi comme conducteurs des tubes de cuivre parcourus intérieurement par un courant d'eau. La

résistance de ce tube doit être petite pour qu'il ne s'y perde pas trop d'énergie ; la disposition suivante semble la plus satisfaisante : les deux bouts du tube entrent dans le gros tuyau D, l'un le traversant complètement et l'autre y débouchant peu après l'entrée. On obtient ainsi deux tubes concentriques où la circulation d'eau se fait comme cela est indiqué par les flèches dans la fig. 3. Une perte de chaleur assez considérable résulte du fait que les extrémités du charbon sont maintenues à la température de l'eau ; avec un charbon qui consomme 15 kw. elle est de 20 à 30 °/₀.

2. Le choix des creusets. L'action néfaste du carbone et du silicium en limite le choix. Après bien des essais, nous nous sommes arrêtés à des creusets en magnésite, qui ne contiennent ni carbone ni silicium et ne fondent pas, même à des températures supérieures à 2000° ; malheureusement ils se fendent fréquemment, malgré toutes les précautions prises. Nous avons pu parer à cet inconvénient en prenant un creuset *c* dont le diamètre est plus petit que le diamètre intérieur du charbon et en remplissant l'intervalle avec une pâte P faite avec de la poudre de magnésite et de l'eau additionnée d'un peu de silicate de soude. Cette masse devient très dure aux hautes températures et de cette façon le métal ne peut pas se répandre hors du creuset, en cas de rupture.

Avant de placer sur le creuset. préalablement rempli, le couvercle G, fait lui-même avec cette même masse, on met un peu de pâte au-dessous de celui-ci, et on obtient alors un ensemble formant un seul bloc avec P. Le métal est ainsi bien isolé du charbon. Le couvercle est traversé par un tube de porcelaine *t* fermé par une plaque de mica transparente. Par le tube latéral *b* on peut introduire soit de l'azote soit de l'hydrogène pour empêcher l'oxydation. En général, nous avons employé de l'azote, mais même sans cette précaution, l'oxydation n'a jamais atteint un degré nuisible pour la bonne marche de l'expérience.

Avec ce four nous avons fondu des culots de 800 gr. de ferrocobalt et de ferronickel dans lesquels on a pu tailler des anneaux pour des mesures de susceptibilité initiale d'après la méthode de Rowland. Le four a ensuite servi à fondre d'autres alliages de fer, de cobalt et de nickel pour des mesures de cha-

leur spécifique et de coefficients de dilatation. Le ferrocobalt a été comparé magnétiquement à du fer de Kohlswa et le gain a été trouvé voisin de 9 %. Les valeurs des différents échantillons variaient entre 8,2 % et 8,7 %. Ce résultat était encourageant. Ayant besoin de grandes pièces polaires pour électro-aimants, la construction d'un four de dimensions plus fortes fut décidée.

L'énergie disponible était fournie par un transformateur de 20 kw., les dimensions du charbon étaient de ce fait déterminées. Nous avons pris des charbons de 20 cm. de diamètre et de 30 cm. de haut avec 2 cm. d'épaisseur de paroi. La hauteur était petite par rapport au diamètre et la perte de chaleur par la circulation d'eau était considérable. Le four a été construit de la même façon que le modèle plus petit.

Suivant nos prévisions, la fragilité des creusets a été la principale difficulté. Nous avons, du reste, tenté d'appliquer le même procédé que pour le petit four et d'intercaler dans le petit espace entre le charbon et le creuset de la pâte de magnésite; cette disposition ne nous a pas donné satisfaction dans ce cas, parce que les creusets, ayant un coefficient de dilatation beaucoup plus grand que celui du charbon, faisaient sauter ce dernier. Il fallait donc trouver une matière convenable qui diminuât de volume quand on la chauffait. La magnésie calcinée a cette propriété; un mélange de celle-ci avec de la poudre de magnésite, dosé dans de bonnes proportions, a été parfait.

Comme nous l'avons dit, la perte de chaleur par la circulation d'eau était très grande et le transformateur a dû être surchargé à 40 kw., c'est-à-dire au double de sa puissance normale. Pour supporter cette surcharge, il a été refroidi par un puissant ventilateur; en outre, l'enroulement secondaire constitué par des lames de cuivre non isolées a été refroidi au moyen d'un jet d'eau. Sans cette précaution, la température du cuivre atteignait 200° en 5 à 10 minutes. L'énergie perdue était de 40 à 60 %, ce qui augmentait de beaucoup la durée de l'opération. On commençait par chauffer lentement pendant six à huit heures pour que le creuset ne se fende pas dès le commencement, ensuite il fallait encore 8 à 10 heures pour terminer l'opération en envoyant dans le four toute l'énergie nécessaire soit 4000 Amp. sous 10 Volts. On s'assurait de la fusion

complète du mélange à l'aide d'une tige de quartz qu'on plongeait dans le métal liquide. On pouvait espérer obtenir des lingots plus homogènes en ne refroidissant le métal fondu que par le bas, de manière à permettre le dégagement des bulles par la surface. Dans ce but nous avons interrompu la circulation d'eau dans le tube supérieur dès que la fusion fut complète; le tuyau d'en haut était sacrifié par ce procédé; il fondait en quelques secondes.

Avec ce four il nous a été possible de fondre deux blocs de 20 kg. chacun; le premier a été inutilisable ayant trop de soufflures; le second a servi à faire les deux premières pièces polaires en ferrocobalt qui aient été employées pour un électroaimant [1]. Ce dernier a été construit par les Ateliers de Construction d'Oerlikon.

[1] P. Weiss, *Comptes rendus*, 1913, t. 156, p. 1970.

PROCÉDÉ SIMPLE

DE

PURIFICATION DU MERCURE

PAR

C. MARGOT [1]

Après un usage plus ou moins prolongé, il est rare que le mercure ne soit plus ou moins souillé par la présence de métaux étrangers, tels que zinc, cuivre, plomb, étain, etc., plus rarement par l'or et l'argent, qui le rendent absolument impropre à tout usage scientifique. Ces métaux proviennent, soit de parcelles métalliques qui se rencontrent dans les laboratoires par suite du travail des métaux, soit encore du fait que le mercure est couramment employé pour établir des contacts électriques, pour les interrupteurs de bobines d'induction, pour l'amalgamation du zinc, etc. Dans les laboratoires qui ne disposent que de quantités restreintes de mercure, il devient urgent de rassembler fréquemment les quelques litres disponibles et d'en effectuer la purification complète ; opération qui pour être menée à bien, présente des difficultés assez sérieuses. Bien qu'il existe un grand nombre de procédés pour purifier le mercure si indispensable pour les recherches scientifiques de haute précision ou pour le simple remplissage d'appareils d'un usage courant, aucun ne satisfait entièrement aux desiderata suivants : opération simple pour la purification, rapidité de fonctionnement et pureté du produit obtenu.

[1] Communication faite à la Société de physique et d'histoire naturelle de Genève, le 2 juillet 1914.

Les procédés usuels généralement employés peuvent se classer en quatre catégories, qui sont : les procédés mécaniques, chimiques, physiques et électrolytiques.

Très souvent le mercure est simplement souillé par des poussières ou des oxydes métalliques. Le nettoyage mécanique s'applique dans ce cas, car il est facile d'éliminer ces impuretés par un simple filtrage au travers d'un filtre en papier percé de très petites ouvertures, ou par pression au travers d'un linge à trame très serrée. Un appareil très commode de filtration sous pression consiste en un entonnoir en verre à long col, obturé à sa partie inférieure par une peau de chamois. Le mercure traverse par son propre poids et se rassemble dans un récipient placé au-dessous. La filtration donne souvent de très bons résultats, mais elle est parfaitement inefficace si le mercure tient des métaux en dissolution. Dans ce cas il faut recourir aux méthodes chimiques de purification, parmi lesquelles l'acide azotique dilué est l'agent le plus fréquemment employé. Il y a formation d'un sous-azotate de mercure, qui est de nouveau réduit par les métaux plus électropositifs et le mercure est remis en liberté. Le processus est analogue si l'on traite le mercure au moyen d'une solution de bichromate de potasse et d'acide sulfurique dilué, ou par le perchlorure de fer en solution. On a imaginé des dispositifs plus ou moins ingénieux pour effectuer le nettoyage chimique ; le plus connu est constitué par un entonnoir effilé recevant le mercure sale ; cet entonnoir est fixé au sommet d'un manchon de verre de 1 m. à 1 m. 50 de longueur, rempli de la solution d'acide azotique ou d'un autre agent chimique, que traverse dans toute sa hauteur le mercure tombant en fines gouttelettes.

Quoi qu'il en soit, les procédés variés de nettoyage chimique sont loin d'offrir toute garantie quant à la pureté du produit obtenu, et c'est pour cette raison que divers auteurs recommandent la distillation du mercure comme étant plus efficace. D'autre part, s'il faut traiter une masse considérable de mercure, une dizaine de kilogrammes, ou plus l'opération chimique devient longue, malaisée et tout à fait problématique quant au résultat final. Pour compléter la purification il faut en outre faire subir au mercure un lavage parfait à l'eau et un

séchage subséquent à une température dépassant notablement 100°.

Le procédé électrolytique, peu employé du reste, vu sa longue durée, consiste à purifier le mercure par électrolyse. Le mercure, servant d'anode, est versé dans un large cristallisoir en verre et est recouvert d'une solution de nitrate de mercure; dans cette solution se place un second vase de plus petite dimension dans lequel est fixé une cathode en platine. Par le passage du courant électrique (0,01 ampère par cm^2 de surface) l'anode se dissout et le mercure pur est précipité sur la cathode d'où il se rassemble dans le vase placé au milieu [1].

La distillation du mercure est le principal procédé physique de purification. A la pression atmosphérique ordinaire, cette distillation s'effectue dans une cornue en fer. On utilise dans ce cas avec avantage les bouteilles servant au transport du mercure, en y fixant un tube recourbé à la place du bouchon à vis. Malheureusemant une seule distillation [2] est insuffisante. D'après V. Meyer, le mercure devrait être soumis à 12 distillations successives dans le verre pour être absolument pur, les métaux étrangers passant partiellement, soit par suite des soubresauts inévitables que provoque l'ébullition, soit par leur propre volatilité. La distillation dans le vide, décrite depuis longtemps (voir à ce sujet les travaux de Weber, Weinhold, Mendeleeff et autres auteurs), donne des résultats plus avantageux. Des formes très variées ont été imaginées; citons entre autres l'appareil Gouy [3], par chauffage au gaz, et plus récemment par *chauffage électrique* (appareil Dunoyer). Le principe sur lequel repose la distillation du mercure dans le vide est celui des trompes à mercure pour la production des vides élevés. Une trompe à eau sert à faire le vide lors de la mise en marche de l'appareil, vide qui devient de plus en plus parfait, au fur et à mesure que la distillation s'effectue. Néanmoins, les divers inventeurs de ces appareils n'en recommandent l'emploi exclusif que pour le mercure ayant subi un nettoyage chimique

[1] Kohlrausch, *Lehrbuch der praktischen Physik.*

[2] V. Meyer, *Berl. Chem. Gesell.*, 1887, 20, 498.

[3] Damien et Paillot, Manipulations de physique.

aussi tarfait que possible; faute de prendre cette précaution, la distillation ne peut fournir aucune garantie.

On voit donc, par ce qui précède, qu'il faut faire subir au mercure souillé plusieurs opérations successives plus ou moins compliquées pour obtenir un métal tout à fait pur : épuration mécanique par filtration, nettoyage chimique suivi d'un lavage et d'un séchage, et pour terminer, distillation au moyen d'un appareil approprié.

Un procédé particulièrement intéressant est celui qui consiste à faire traverser le mercure par un courant d'air dont l'effet est d'oxyder les métaux tenus en dissolution, procédé particulièrement actif, puisque l'oxydation est fortement activée par le barbottage d'air. C'est donc ce procédé purement chimique qui fait l'objet de la présente étude et que nous avons cherché à perfectionner. Bien qu'il soit déjà assez ancien, il est peu connu, malgré son efficacité. Il a été décrit et préconisé pour la première fois par le Prof. J. M. Crafts[1] de l'Institut of Technology à Boston. L'appareil consiste en un tube de verre de 80 cm. de long sur 2 à 3 cm. de diamètre, rempli du mercure à purifier, et maintenu légèrement incliné. L'air aspiré au moyen d'une trompe barbotte au travers du mercure et provoque une oxydation plus ou moins rapide des métaux étrangers. L'opération dure d'autant plus longtemps que le mercure est plus impur. Aussi ne peut-elle être recommandée que pour la purification d'un produit relativement pur; dans ce cas seulement et au bout de sept à huit jours de fonctionnement, on obtient un métal parfaitement débarrassé des métaux étrangers. Le perfectionnement que nous avons cherché à réaliser consiste dans le chauffage du mercure pendant le barbottage d'air, en partant de la supposition que l'oxydation des métaux étrangers serait alors singulièrement activée. L'expérience a entièrement justifié cette prévision, la durée de l'opération du nettoyage ayant été réduite dans de grandes proportions. Nous avons fait construire un modèle en fer, vu que l'appareil en verre aurait été trop fragile

[1] J. M. Crafts, *Bull. Soc. Chim.*, 1888, 2, 29, 856.

pour traiter par chauffage une dizaine de kilogrammes de mercure. (Fig. 1.)

Comme on le voit par le croquis, il est simplement formé d'un tube de fer, de 1 m. 60 de longueur, d'un diamètre intérieur de 3 cm. (simples tuyaux et raccords à gaz non zingués). Le volume intérieur de l'appareil est suffisant pour traiter une

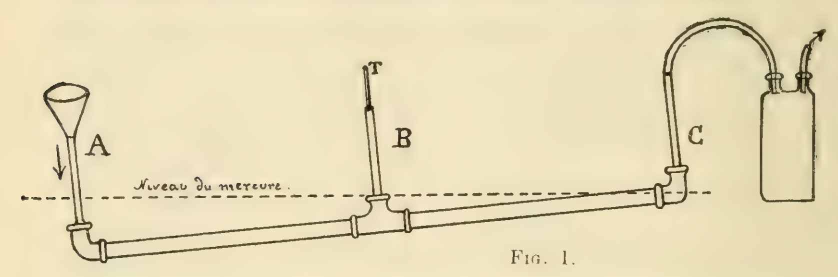


Fig. 1.

dizaine de kilogrammes de mercure d'une seule fois. Aux deux extrémités de ce tube sont fixées normalement deux tubulures plus étroites, l'une C est mise en rapport avec la trompe d'aspiration, l'autre A est surmontée d'un entonnoir en verre pour l'introduction du mercure. A la partie médiane B est adaptée une troisième tubulure en fer qui est destinée à recevoir un thermomètre. L'appareil est tenu légèrement incliné entre deux supports de laboratoire, de manière à pouvoir aisément pivoter sur son axe dans les pinces de serrage, ce qui permet d'extraire facilement le mercure par un simple retournement. — Afin d'éviter une rentrée d'eau, par suite d'un arrêt accidentel de la trompe, nous avons intercalé dans le circuit d'aspiration un gros flacon à deux tubulures. Celui-ci a en outre l'avantage de recueillir les oxydes qui se forment et les traces de mercure qui peuvent accidentellement passer si l'aspiration est trop énergique.

Le chauffage de l'appareil se fait au moyen d'un brûleur Bunsen installé entre la tubulure inférieure d'entrée de l'air et le thermomètre : on effectue le réglage pour que la température se maintienne aux environs de 150 à 160°. L'expérience nous a montré qu'on peut sans risque d'oxydation du mercure pousser la température jusqu'à 200° et même plus haut ; le seul inconvénient est un commencement de distillation du mercure, très

faible du reste, que l'on recueille facilement dans le flacon de Wulf. La mise en marche est des plus simples ; on règle le débit de la trompe à eau jusqu'à ce qu'on perçoive nettement le clapotement produit par le barbottage de l'air ; la température s'égalise, soit par suite de la conductibilité de l'enveloppe métallique et du mercure, soit par le brassage énergique que subit ce dernier.

Deux modes d'opérer sont à considérer selon la nature du mercure à purifier. Si celui-ci est peu souillé, c'est le cas le plus fréquent, l'opération peut être aisément effectuée dans le cours de la journée. Il suffit alors, après refroidissement, de déconnecter le caoutchouc d'aspiration, de retourner l'appareil comme il est indiqué plus haut et recueillir le mercure dans un flacon par la même tubulure qui a servi à l'introduire. On peut l'utiliser tel quel ; néanmoins il est préférable, afin d'éliminer toute trace d'oxyde, de le filtrer par un des procédés connus : entonnoir effilé ou peau de daim. Il est évident que le lavage et le séchage sont superflus.

Le second cas, plus rare, se présente lorsque le mercure contient un pourcentage notable de métaux étrangers [1]. Le barbottage d'air à chaud est dans ce cas tout particulièrement efficace, car il permet de purifier en peu de temps une masse considérable de mercure ; à la seule différence près qu'il faut au bout de deux à trois heures arrêter le fonctionnement. Il se forme, en effet, par suite de l'oxydation rapide des métaux étrangers, une émulsion volumineuse constituée d'oxydes et de mercure finement divisé qui risque d'obstruer la tubulure et le caoutchouc d'aspiration. On extrait le mercure de l'appareil comme il est dit plus haut, et, tenant ce dernier verticalement, on fait en secouant quelque peu, tomber l'émulsion par une des tubulures. L'appareil étant de nouveau installé on recommence l'opération primitive. Quant à l'émulsion, il est nécessaire de la traiter à l'acide nitrique, pas trop dilué, pour que le mercure se rassemble et après lavage et séchage, cette quantité, minime d'ailleurs, peut être de nouveau introduite dans l'appareil.

[1] Ce cas s'est présenté au Laboratoire de physique de notre Université à la suite de travaux de recherches, et intentionnellement dans le but d'étudier la méthode qui fait l'objet de cette étude.

Nous avons pu par ce procédé purifier complètement à plusieurs reprises une dizaine de kilogrammes de mercure abominablement souillé de métaux étrangers, spécialement par du plomb, de l'étain, du cuivre et du zinc. Quant à la durée de l'opération, on peut admettre dans ce dernier cas que vingt quatre heures de fonctionnement sont suffisants pour obtenir du mercure suffisamment purifié pour les usages courants. Si l'on augmente la durée du barbottage d'air à chaud, la purification sera poussée plus loin, le mercure présentera alors toute sécurité pour des travaux de haute précision. Du mercure très sale traité de la sorte a pu être utilisé au cours d'une série de recherches, effectuées au Laboratoire de physique, qui ont nécessité de la part de leur auteur la construction d'un thermomètre à gaz de très petite dimension. Si le mercure n'avait eu la densité voulue, les résultats obtenus auraient été faussés dans une mesure très sensible, ce qui n'a pas été le cas, puisque le coefficient de dilatation de l'hydrogène concordait à une très grande approximation près avec les valeurs données par M. P. Chappuis du Bureau International des Poids et Mesures.

Comme conclusion à cet exposé, nous constatons que la purification du mercure par barbottage d'air à chaud présente des avantages assez grands sur les anciens procédés pour qu'il soit utile de les signaler. En résumé, cette méthode est d'un fonctionnement rapide, elle ne nécessite qu'une seule opération et offre une sécurité très grande quant à la pureté du produit obtenu.

Remarquons encore que la construction de l'appareil est des plus économiques, puisqu'elle n'exige que quelques bouts de tuyaux et raccords en fer, que l'on trouve chez tous les installateurs pour l'eau ou le gaz.

On peut évidemment imaginer un dispositif plus ramassé, en lui donnant par exemple la forme d'un serpentin et auquel serait adapté un robinet de vidange, ce qui évite le retournement ; cependant le dispositif décrit ci-dessus, bien qu'un peu encombrant, a donné toute satisfaction.

Genève. Laboratoire de Physique de l'Université. Juillet 1914.

NOTES ADDITIONNELLES

A LA

THÉORIE MATHÉMATIQUE DE L'ÉCHELLE MUSICALE[1]

PAR

Alph. VAUCHER

Divers compléments apportés à notre étude sont résumés dans les quelques notes qui suivent :

I

Remarquons tout d'abord que sans prétendre à une liaison réelle entre la musique et les mathématiques, nous considérons ces dernières comme un moyen très légitime de représentation de certaines des manifestations de la première.

C'est ce qui nous a conduit, sans nous astreindre à fixer d'emblée la valeur numérique des intervalles, à exprimer l'un quelconque d'entre eux en fonction de deux autres, éventuellement variables, et, une fois admises certaines définitions préliminaires ou conventions de langage toujours nécessaires, à déclarer comme démontré par l'expérience musicale, que *si le comma n'est pas nul il ne peut être que variable dans les deux sens*, d'où son corollaire, *que si deux notes telles qu'un fa♯ et un sol♭ sont différentes, leurs positions respectives ne peuvent que varier et chevaucher l'une sur l'autre* (v. § 1, 2, 7 et 15).

En conséquence, d'une part, nous n'avons pu entièrement souscrire ni à l'échelle des physiciens et à son comma spécial

[1] *Arch. des Sc. phys. et nat.*, août, septembre et octobre 1913.

$^{81}/_{80} = 1{,}0125$, ou plutôt, comparativement aux suivants, $^{80}/_{81} = 0{,}9877$, ni à celle de Pythagore avec son comma

$$\frac{3^{12}}{2^{19}} = 1{,}01364$$

ou à celle voisine de 53 commas par octave, ni à celle de 41 degrés par octave etc., mais avons acquis la conviction que la gamme tempérée de 12 notes est la seule graduation normale ou fixe possible de l'échelle ; d'autre part, nous avons reconnu *que des intervalles peuvent fort bien ne pas avoir toujours et en toutes circonstances la même valeur,* la musique ne consistant pas à ajuster des accords jusqu'à leur minimum de battements, réellement perceptibles ou non, et *qu'il y a une distinction à faire entre l'intervalle de deux sons émis successivement et celui de deux sons émis simultanément,* autrement dit, entre des intervalles mélodiques et des intervalles harmoniques[1] (v. en part. § 11, 13, 15 et appendice).

Même dans un accord de deux sons émis simultanément, nous avons fait l'expérience d'une certaine susceptibilité de variation, suivant les accords et les circonstances. Assez grande pour les tierces majeures et mineures, très petite pour la quinte et son redoublement, la douzième, elle nous paraît encore appréciable pour l'intervalle d'octave, et même, si paradoxal que cela soit, pour celui d'unisson ; et deux sons qui émis successivement seront perçus à des hauteurs un peu différentes, pourront, émis simultanément, donner la sensation d'unisson.

Le fait est suffisamment saisissable à l'audition d'instruments tels que le violon, par exemple, pour n'en point faire abstraction dans une théorie, laissant une part à ce qui, dans notre introduction, a été appelé symboliquement le « *sens musical* », c'est-à-dire, admettant en musique, à côté du rôle de phénomènes physiques et physiologiques, celui d'éléments d'un autre ordre, psychologique en particulier.

De ce fait, l'intérêt d'échelles de sons où l'octave n'est pas

[1] Plusieurs intervalles majeurs semblent subir une augmentation sur leur valeur dite « physique » et les mineurs correspondants, une diminution.

rigoureusement harmonique et dont quelques-unes ont été esquissées dans nos § 9 et 10, n'est pas tout à fait secondaire.

II

Il est dès lors instructif de compléter le tableau du § 3, délimitant la variation extrême des intervalles par rapport à un octave supposé fixe, par celui qui suit, où cette variation est calculée, sous section I, aussi par rapport soit à une quinte, soit à une douzième fixe, puisque ces intervalles, le dernier encore plus spécialement, nous paraissent mieux fixés que celui de l'octave.

Dans ce tableau, ont en outre été introduites, sous section II, des limites plus restreintes que celles sous I. Ce sont les limites admises au début du § 11 (élimination de diverses échelles) et qui sont en fait fixées par la *manière d'entendre* du musicien, pour lequel un si$^{\sharp}$ est toujours compris entre un ré$^{\flat}$ et un ut$^{\flat}$.

Cette conception, rapprochée de notre définition d'une échelle d'intervalles mathématique, vient tout d'abord à l'appui de la thèse suivante, qui ressort du reste implicitement de nos § 9 et 11 : « *L'échelle musicale réelle est comprise entre deux échelles périodiques extrêmes: l'une, de 17 degrés par octave, où le si*$^{\sharp}$ *coïncide sur le ré*$^{\flat}$, *où par suite la seconde mineure vaut le tiers de la seconde majeure, exagération des échelles à comma de sens positif; l'autre, de 19 degrés par octave, où le si*$^{\sharp}$ *coïncide sur l'ut*$^{\flat}$, *où par suite la seconde mineure vaut les deux tiers de la seconde majeure, exagération des échelles où le comma est de sens positif* ».

Entre ces deux échelles extrêmes se meut l'échelle tempérée usuelle de 12 notes où le si$^{\sharp}$ coïncide sur l'ut, c'est-à-dire dont le comma est nul, et qu'on peut concevoir et diviser régulièrement de diverses manières, suivant l'intervalle fixe auquel on la rapporte, ainsi que nous l'avons esquissé sous section III du tableau ci-contre.

En second lieu, la conception de ces limites particulières, sous II, laisse subsister l'indétermination de la valeur d'une quinte diminuée relativement à celle de la quarte augmentée, ainsi que l'impossibilité de classer d'une manière absolue et

Limites et variations des intervalles (supplément au tableau du § 3)

ÉTENDUE relative des secondes majeure et mineure	(Voir note [1]) Etendue par rapport à la seconde majeure			OCTAVE FIXE Etendue par rapport à l'octave		Valeur numérique pour $z_0 = 2$		QUINTE FIXE Etendue par rapport à la quinte		Valeur numérique pour $z = 3/2$		DOUZIÈME FIXE Etendue par rapport à la douzième		Valeur numérique pour $zz_0 = 3$		NOMBRE des degrés de l'octave	NOTES synonymes caractéristiques de ces échelles limites et moyenne	DÉSIGNATION ultérieure des limites
	Octave	Quinte	Douzième	Quinte	Douzième	Quinte	Douzième	Octave	Douzième	Octave	Douzième	Octave	Quinte	Octave	Quinte			
I. $y = 1$	5	3	8	3/5	8/5	1,5157	3,0314	5/3	8/3	1,9656	2,9483	5/8	3/8	1,9870	1,5098	5	si = ut et si♯ = ut♯	I_5
I. $y = x$	7	4	11	4/7	11/7	1,4860	2,9720	7/4	11/4	2,0331	3,0497	7/11	4/11	2,0120	1,4911	7	ut = ut♯ = ut♭ ; si = si♯ = si♭	I_7
I. Variation maximum en fraction de l'intervalle fixe				1/35	1/35	—	—	1/12	1/12	—	—	1/88	1/88	—	—	—	—	—
II. $y = x^{1/3}$	17/3	10/3	9	10/17	27/17	1,5034	3,0068	17/10	27/10	1,9923	2,9885	17/27	10/27	1,9971	1,5021	17	si♯ = ré♭	II^{17}
II. $y = x^{2/3}$	19/3	11/3	10	11/19	30/19	1,4938	2,9876	19/11	30/11	2,0145	3,0217	19/30	11/30	2,0053	1,4961	19	si♯ = ut♭	II_{19}
II. Variation maximum en fraction de l'intervalle fixe				3/323 (1/107me)	3/323	—	—	3/110 (1/37me)	3/110	—	—	1/270	1/270	—	—	—	—	—
III. $y = x^{1/2}$	6	7/2	19/2	7/12	19/12	1,4983	2,9966	12/7	19/7	2,0039	3,0058	12/19	7/19	2,0014	1,4989	12	si♯ = ut	

[1] Exprimés en secondes majeures x et mineures y, ces intervalles sont : l'octave, $z_0 = x^5y^2$ — la quinte, $z = x^3y$, et la douzième ou quinte redoublée est, $zz_0 = x^8y^3$.

par ordre de grandeur plus de 12 intervalles dans celui d'octave (§6). Mais elle réduit à environ $^{1}/_{107}{}^{me}$ d'octave la variation maximum de la quinte et de la douzième dans un octave supposé fixe (au lieu de $^{1}/_{35}$), à $^{1}/_{37}{}^{me}$ de quinte celle de l'octave et de la douzième dans une quinte fixe (au lieu de $^{1}/_{12}$), à $^{1}/_{270}{}^{me}$ de douzième celle de l'octave et de la quinte dans une douzième fixe (au lieu de $^{1}/_{88}$), et restreint les échelles périodiques de notre §9[1] à celles de la liste suivante :

	Limites II		Echelles périodiques possibles								
Nombre M de notes ou degrés dans l'octave.	17	19	12	29	31	41	43	46	53	55	etc
» N » » dans la quinte	10	11	7	17	18	24	25	27	31	32	»
» M+N » » dans la douz^{me}	27	30	19	46	49	65	68	73	84	87	»
Nombre de degrés dans la dix-septième......	40	44	26	68	72	96	100	108	124	128	»
» » dans la seconde majeure...	3	3	2	5	5	7	7	8	9	9	»
» » dans la seconde mineure...	1	2	1	2	3	3	4	3	4	5	»
» » dans le comma	+1	−1	0	+1	−1	+1	−1	+2	+1	−1	»

Les signes $\pm$ indiquent le sens du comma qui, je le rappelle, est positif, nul ou négatif, c'est-à-dire d'une valeur numérique $c \gtreqless 1$, suivant que l'intervalle de quinte est supérieur, égal ou inférieur aux $^{7}/_{12}{}^{mes}$ de celui d'octave, le comma étant la différence de 12 quintes à 7 octaves.

Toutes ces échelles périodiques, ou, au sens le plus large, *uniformément tempérées*, que l'octave y soit rigoureusement harmonique ou non, ont, à l'exception de celles de 12 et 46 degrés, comme « pas » le comma. Celle de 12 degrés a comme

[1] Au premier tableau du §9 la colonne de 51 notes est à remplacer par celle de 55 notes, dont 32 dans la quinte, avec valeur particulière $z = 2^{32}/_{55} = 1{,}4967$.

Au tableau suivant, où le « pas » des échelles est le comma, il a été omis les échelles où le comma est de sens négatif,

c'est-à-dire où $\mu = -$	2	3	4	5	6	7 etc.
et $M = -$	19	31	43	55	57	69 »

(dont celle de 19 degrés a un si♯ = ut♭).

pas la seconde mineure et celle de 46 degrés a comme pas la moitié du comma[1].

En dehors de la division de l'octave en 12 degrés, c'est donc à sa division en un nombre minimum de 29 degrés qu'il faut aller pour obtenir une échelle tempérée pouvant former approximativement des intervalles musicaux[2].

III

Notons ici qu'en identifiant deux à deux les premiers harmoniques, 2 à 7, aux intervalles d'octave, de douzième (quinte redoublée), de dix-septième (10me redoublée, soit, tierce deux fois redoublée), de dix-neuvième (douzième redoublée) et de vingt-et-unième (7me mineure deux fois redoublée), c'est-à-dire qu'en prenant deux à deux les bases harmoniques exprimées par les équations :

$$z_0 = 2 \ , \quad zz_0 = 3 \ , \quad z^4 = 5 \ , \quad zz^2_0 = 6 \ , \quad z^4_0 z^{-2} = 7 \qquad (^3)$$

on peut former 8 échelles apériodiques différentes, dont quelques valeurs sont données dans le tableau ci-contre.

De ces 8 échelles, les 4 premières sous lettres (A) à (B) à gauche du tableau, admettent le 7me harmonique et sont de fait hors de l'échelle musicale ; les trois premières, à comma de sens positif exagéré, sortent de la limite II_{17}, ou tendent même vers celle I_5, et la quatrième n'est meilleure qu'en apparence ; elle correspond en effet à une valeur d'octave trop en dessous de celle harmonique pour que celui-ci ne soit point « faux ». Par contre, les deux[4] sous lettres (E) et (F) à droite du tableau,

[1] Une échelle de M notes a comme « pas » un « comma » si M ± 5 est multiple de 12, auquel cas la quinte aura $\frac{7M \mp 1}{12}$ commas ; cela résulte de notre éq. V au § 9.

[2] Au sujet du non-fondé d'une division de l'octave en 24 parties, nous nous en référons au § 14.

[3] Je m'en réfère aux relations indiquées au § 7 et à la planche I, colonne (5).

[4] Ces deux échelles peuvent être rapprochées de celles placées à leur droite et déjà inscrites sous colonnes (1) et (2) de la pl. III, utilisant en fait 3 harmoniques.

BASES	ÉCHELLES HORS DE CELLE MUSICALE				ÉCHELLES DIVERSES DONNANT DES INTERVALLES VOISINS DE CEUX MUSICAUX					ÉCHELLES HORS DE CELLE MUSICALE			
	Intervalle de 21me identifié au 7me harmonique				Douzième identifiée au 3me harmonique $zz_0 = 3$	Echelles périodiques d'un nombre de degrés plus ou moins grand			$z^4 = 5$	Intervalle de 17me identifiée au 5me harmonique: $z^4 = 5$	Sixte $^5/_3$ et $z_0 = 2$	$z^4 = 5$	7me min. $^9/_5$ et $z_0 = 2$
	$z_0 = 2$ Pl. III Col. (10)	$zz'_0 = 6$	$zz_0 = 3$	$z^4 = 5$	$z_0 = 2$ Pl. III Col. (7)	—	Tempérée usuelle z_0 2	—	$z_0 = 2$ Pl. III Col. (3)	$zz_0^2 = 6$	Pl. III Col. (2)	$zz_0 = 3$	Pl. III Col. (1)
	(A)			(B)	(C)	Echelles périodiques à comma de sens positif, de 29, 41, 46 et 53 degrés, etc.		Echelles périodiques à comma de sens négatif, de 31, 43 et 55 degrés, etc.	(D)	(E)		(F)	
ut♭	0,8860				0,9364		0,9438		0,9571	0,9632	0,9637	0,9690	0,9780
si♯	1,1141	1,0794	1,0655	1,0148	1,0132		1		0,9765	0,9656	0,9645	0,9556	0,9486
ré♭	1,0128	1,0269	1,0316	1,0525	1,0535		1,0595		1,0700	—	1,0755	1,0800	1,0867
ut♯	1,1283	—	—	—	1,0679		1,0595		1,0449	—	1,0375	—	1,0223
sol	1,5120	1,5059	1,5039	1,4953	1,5000		1,4983		1,4953	1,4953	1,4933	1,4953	1,4907
la	1,7280	—	—	—	1,6875		1,6818		1,6718	—	$^5/_3$ = 1,6667	1,6667	1,6564
ut	2	1,9961	1,9948	1,9891	2		2		2	2,0031	2	$\frac{3}{\sqrt[4]{5}} = 2,0062$	2
	Cette échelle tend vers celle de 5 degrés où si♯ = ut♯ et si = ut	ut♯ > si♯ > ré♭		ré♭ > si♯ > ut			si♯ = ut	ut♭ < si♯ < ut		Ces échelles tendent vers celle de 19 degrés où si♯ = ut♭		si♯ < ut♭	
		Ces échelles tendent vers celle de 17 degrés où si♯ = ré♭		Echelles en dedans des limites II à comma de sens positif			12 degrés	Echelles en dedans des limites II à comma de sens négatif				Ces échelles tendent vers celle de 7 degrés où si♯ = si = si♭ et ut♯ = ut = ut♭	

à comma de sens négatif exagéré, sortent de la limite II_{19} ou tendent vers celle I_7.

Nous ne retrouvons donc par cette voie, comme échelles apériodiques à deux intervalles harmoniques à peu près satisfaisantes, que celles sous (C) et (D), et appelées au § 10 et à la pl. III, l'une, celle des quintes, l'autre, celles des tierces harmoniques.

C'est entre ces deux dernières, reportées partiellement à droite du tableau suivant, que doit se trouver l'échelle vraiment musicale, ainsi que nous l'avons déjà indiqué au § 15, et c'est entre elles aussi que se meut l'échelle tempérée usuelle de 12 degrés et les autres échelles tempérées d'un nombre de degrés supérieur que nous avons indiquées comme mathématiquement possibles, au dedans des limites II_{17} et II_{19}.

Sont calculées ci-dessous quelques valeurs pour ces diverses échelles, tout d'abord, au tableau ci-contre, sur base de l'octave harmonique, puis au tableau suivant, eu égard à la non fixation absolue de l'octave, sur base de la 12me harmonique, de la quinte de Pythagore et de la 17me harmonique.

Les divisions de l'octave en 31, respectivement 53 degrés, sont, nous l'avons déjà fait remarquer (§ 10), les transformations à la fois les plus simples et les plus approchées des échelles apériodiques des tierces, respectivement des quintes harmoniques.

Les divisions en 41 et 53 degrés, sans aller au delà, sont les moins compliquées qui, dans un octave harmonique, donnent des tierces et des quintes s'approchant de leur valeur harmonique, plus que dans l'échelle de 12 degrés ; mais la tierce harmonique y est représentée sensiblement par une quarte diminuée, définie mathématiquement par l'intervalle de l'ut au fa^b.

En conséquence, si l'écriture musicale doit conserver une signification précise, une sorte de « tempérament moyen » à des intervalles dérivant des trois premiers harmoniques, ne peut être défini, en dehors du tempérament de 12 degrés, que dans une échelle à comma de sens négatif, d'une valeur voisine de 0,98 à 0,99, telle par exemple que celle de 43 ou celle de 55 degrés.

En effet, la gamme des physiciens, examinée à notre § 12,

Base : octave harmonique $z_0 = 2$

ÉCHELLES LIMITES II			ÉCHELLES PÉRIODIQUES POSSIBLES								Echelle des quintes harmoniques	Echelle des tierces harmoniques
Degrés par octave	17	19	12	29	31	41	43	46	53	55, etc.		
si♯	1,0416	0,96106	1	1,0242	0,9779	1,0171	0,9840	1,0306	1,0132	0,9875	1,0136	0,9765
ré♭	1,0416	—	1,0595	—	—	1,0520	—	—	—	—	1,0535	1,0700
ré	1,1301	1,1157	1,1224	—	—	1,1256	—	—	1,1249	—	1,1250	1,1180
fa♭	—	—	1,2599	1,2392	—	1,2458	—	—	1,2489	—	1,2486	1,2800
mi	1,2772	1,2447	1,2599	1,2759	1,2506	1,2671	1,2532	1,2717 [1]	1,2654	1,2546	1,2656	1,2500
fa	1,3303	1,3389	1,3348	—	1,3373	1,3330	1,3366	—	1,3368	1,3362	1,3333	1,3375
sol	1,5034	1,4938	1,4983	1,5013	1,4955	1,5004	1,4963	1,5021	1,4999	1,4967	1,5000	1,4953
si♭♭	—	—	1,6818	—	—	1,6606	—	—	1,6654	—	1,6647	—
la	1,6990	1,6665	1,6818	—	1,6728	1,6889	1,6753	—	1,6873	1,6765	1,6875	1,6718
ut_1♭♭	—	—	1,7818	—	—	1,7470	—	—	—	—	1,7539	—
si	1,9201	1,8593	1,8877	—	1,8701	1,9011	1,8751	—	1,8981	1,8778	1,8984	1,8691
z_0 ut_1	2	2	2	2	2	2	2	—	2	2	2	2

[1] Le degré précédent le mi est une triple seconde chromatique $\left(\frac{x}{y}\right)^3 = 2^{15/46}$ 1,2536 .

BASE	OCTAVE HARMONIQUE $z_0 = 2$			DOUZIÈME HARMONIQUE $zz_0 = 3$			QUINTE DE PYTHAGORE $z = 3/2$		DIX-SEPTIÈME HARMONIQUE $z^4 = 5$		
Degrés par octave	19	12	53	19	12	53	12	53	12	53	
si♯	0,9641	1	1,0132	0,9640	1	1,0132	1	1,0132	1	1,0132	comma
ré	1,1157	1,1224	1,1249	1,1161	1,1235	—	1,1228	—	—	—	seconde maj^re^
mi	1,2447	1,2599	1,2654	1,2457	1,2602	1,2655	1,2607	1,2656	1,2585	1,2632	tierce maj^re^
fa	1,3389	1,3348	1,3368	1,3404	1,3352	—	1,3359	—	—	—	quarte
sol	1,4938	1,4983	1,49994	1,4961	1,4989	1,49996	1,5000	1,5000	1,4953	1,4953	quinte
la	1,6665	1,6818	1,6873	1,6698	1,6837	—	1,6842	—	—	—	sixte majeure
si	1,8593	1,8877	1,8981	1,8637	1,8890	—	1,8911	—	—	—	septième maj.
ut_1	2	2	2	2,0053	2,0014	2,00005	2,0039	2,00013	1,9932	1,9895	octave

conduit à divers commas, soit celui résultant de la différence d'une quarte augmentée à une quinte diminuée, de valeur $c = 0,989$; ceux résultant de la différence d'une seconde majeure à deux secondes mineures, ayant deux valeurs, $c = 0,989$ et $c = 0,977$; et celui des physiciens $\frac{81}{80}$, qui comparativement aux précédents doit être exprimé par le rapport inverse, soit

$$\frac{80}{81} = 0,988,$$

différence de leurs intervalles de quinte ré à la et ut à sol [1].

Nous avions remarqué en outre, que sur base de l'octave harmonique et de la 7me majeure $\frac{15}{8}$ (trop petite au sens des musiciens) le comma y devenait $c = 0,9858$, valeur sensiblement inverse de celui de Pythagore.

Mais, dans un octave harmonique, il est impossible de définir une échelle à comma de sens négatif, ayant une quinte approchant de la valeur $\frac{3}{2}$ plus que la quinte tempérée usuelle [2], et en exagérant l'octave pour augmenter la valeur de la quinte, l'on exagère parallèlement la tierce et la sixte.

Il faut donc reconnaître que sans refuser à l'écriture musicale actuelle son caractère mathématique et sans renoncer à fusionner au mieux les premiers intervalles harmoniques dans un *tempérament fixe*, celui-ci ne peut être autre que la division en 12 degrés de l'octave ou en 19 degrés de la douzième, que l'un ou l'autre de ces intervalles soit rigoureusement ou seulement à peu près harmonique.

Par contre, si l'on conçoit comme *tempérées* d'autres divisions se prêtant mieux à telle ou telle interprétation particulière, on en vient à souscrire à l'hypothèse non invraisemblable, érigée en principe par certains musiciens et théoriciens, du *tempéra-*

[1] Ce comma des physiciens peut aussi être considéré comme l'intervalle dont une 17me de valeur harmonique 5 diffère de 4 quintes de valeur $\frac{3}{2}$.

[2] Cela résulte avec évidence de l'éq. $z = z_0^{7/12} . c^{1/12}$.

ment variable, dont la possibilité est contenue en fait, quoique en un autre langage, dans notre déclaration que *si le comma n'est pas nul, il ne peut être que variable.*

IV

Dans son *Esquisse d'une esthétique musicale scientifique,* M. Ch. Lalo[1] indique que, d'après Stumpf, « les gammes donnant la plus grande pureté à la fois aux tierces et aux quintes[2] sont, par degré croissant d'approximation, celles de 12, 41, 53, 347, 400, 453, 506, 559, 612 sons » divisant également, cela doit être sous-entendu, un octave harmonique. Cette obligation ne paraissant pas, d'après ce qui précède, être absolue, la succession d'échelles qui en dérive ne s'impose pas. Qu'indépendamment de cette remarque, une telle succession soit parallèle à un perfectionnement graduel de l'interprétation musicale, cela peut d'ailleurs être contesté, ainsi que nous l'avons fait dans notre premier appendice, précisément à propos de la gamme de 41 notes. Le tempérament variable ne saurait, en principe tout au moins, y être enfermé, il ne doit pas être contemplé de ce point de vue spécial et, à notre sens, trop particulier.

Les échelles qu'elle comprend, dont, au delà des trois premières commentées déjà suffisamment dans notre étude et à l'exception de celle de 559 notes, aucune n'a comme « pas » un comma, sont du reste comprises dans les séries plus générales indiquées plus haut et à notre § 9. Celles-ci contiennent, il faut le remarquer, toutes les divisions de l'octave que nous avons constaté avoir été préconisées isolément par divers auteurs. Cette coïncidence ne peut que venir à l'appui de nos thèses qui, pour la plupart et question de forme à part, semblent concorder avec celles de M. Lalo.

Notre accord me paraît être parfait sur ce qu'il y a d'imprécis

[1] Paris, Alcan, 1908.

[2] Il s'agit donc de tierces et quintes aussi voisines que possible de leurs intervalles harmoniques, dans un octave rigoureusement harmonique.

d'arbitraire et de contraire à l'expérience musicale, à assimiler la notion de consonance à celle de rapports simples et à celle d'agrément musical, partant celle de dissonance à celle de désagrément etc., ainsi que sur la distinction à faire entre les intervalles harmoniques et ceux mélodiques.

S'il est plus difficile et hors de mon intention de discuter sur les parts respectives du domaine physique ou physiologique et de celui psychologique de la musique, qu'il nous soit permis, avant d'en revenir au tempérament et conclure, de reprendre ici deux points de l'intéressant ouvrage de M. Lalo, en nous demandant :

1° Si c'est bien la théorie pythagoricienne qui donne seule la vraie mesure des intervalles successifs ou mélodiques ?

2° Si c'est bien certain que *l'octave théoriquement pur* $\frac{2}{1}$ *sonne positivement faux* et qu'*un excès* sur ce rapport *représente en fait une exigence universelle de l'oreille ?*

Sur le premier point, il est à remarquer, comme M. Bouasse l'a déjà fait[1], que les expériences ne parlent pas plus en faveur de l'échelle de Pythagore que de celle usuelle tempérée.

Quant à la valeur de l'octave, indiquée à 2,002, qu'elle concerne deux notes émises successivement ou simultanément, indication que nous n'avons pas trouvée, et sans savoir quels étaient les procédés et instruments utilisés. il est permis d'avoir quelque doute sur sa généralité. On considère en général comme « à sons variables » des instruments tels que le violon, alors que leur accord par quintes ne saurait les mettre à l'abri de toute « influence pythagoricienne ». Sur cet instrument, deux notes à l'octave, émises simultanément, nous ont pourtant paru pouvoir différer légèrement de l'octave harmonique, mais aussi bien en moins qu'en plus. Si par contre, émises successivement, la tendance du violoniste apparaît être en effet d'en forcer l'intervalle, il serait hâtif d'en conclure à une exigence universelle de l'oreille.

A ce propos, un terme en usage, *l'octave pythagoricien,* peut prêter à équivoque. Entendre par là la différence de 12 quintes

[1] Bases physiques de la musique, Paris, Gauthier-Villars, 1906.

à 6 octaves harmoniques, soit la valeur

$$\frac{3^{12}}{2^{18}} = 2 \times 1{,}01364 = 2{,}02728$$

est un « contre-sens », car, si l'octave est harmonique, un intervalle d'une telle valeur n'est plus un octave. Si l'on admet par contre que l'intervalle de 12 quintes puisse définir 7 octaves, l'intervalle d'octave devient

$$z_0 = \left(\frac{3}{2}\right)^{12/7} = 2{,}0039$$

et l'on pourrait à la rigueur l'affubler de ce vocable imprécis. Mais, à notre sens, une quinte $\frac{3}{2}$, dans un octave non harmonique, ne se soutient pas, tandis que nous comprendrions déjà mieux une tendance à assimiler au 3me harmonique un intervalle fixe de douzième (quinte redoublée), ce qui, dans une échelle de 12 degrés dans l'octave, assigne mathématiquement à celui-ci la valeur $z_0 = 3^{12/19} = 2{,}0014$ (voir tableau ci-dessus de la note II).

Une valeur de l'octave qui se confirmerait être généralement voisine de 2,002 ne serait alors peut être point indépendante du rôle du 3me harmonique et d'une tendance à retomber périodiquement et fréquemment sur une même note ; en d'autres termes elle pourrait provenir tout à la fois « d'influences pythagoriciennes » et « d'attractions vers le tempérament le plus simple, celui de 12 degrés ».

Pour conclure, nous en revenons au *tempérament,* dont M. Lalo développe le principe d'une manière intéressante. Il le considère aussi, non comme un *pis-aller* mais bien comme un *phénomène.* Selon lui, il ne sert pas seulement à simplifier la technique des instruments, mais *il trouve sa place partout où il y a à concilier des intervalles mélodiques et harmoniques, partout où une même note se prête à jouer explicitement ou implicitement plusieurs rôles ambigus et de façon générale partout où il y a interprétation, c'est-à-dire dans toute la musique, si l'on veut bien n'en pas prendre les éléments chacun à part des autres et à l'état d'abstraction.*

Selon lui encore, le tempérament est spontanément pratiqué

par la voix humaine, et la recherche d'instruments compliqués donnant dans chaque cas l'intonation physiquement pure est un contre-sens[1], ce à quoi nous souscrivons entièrement. Il considère en outre que si la fixation d'un tempérament absolu, comme d'une intonation juste, est une tâche impossible, les tentatives de tempéraments compliqués ne sont que des subtilités peu estimables.

Si nous l'avons bien compris, il admet donc tout à la fois le tempérament variable et l'inutilité ou même le non sens de tempéraments compliqués, conséquemment, nous semble-t-il, le rôle spécial de celui de 12 degrés par octave, rigoureusement ou approximativement harmonique.

Si donc, après avoir constaté que *si le comma n'est pas nul il ne peut être que variable,* nous avons dû conclure, de cette indétermination même et de la nécessité fréquente du comma nul, au rejet de la notion d'arbitraire attribuée parfois à l'échelle de 12 notes, nous croyons avoir exprimé, quoique en un langage différent, une manière d'entendre très voisine de celle de M. Lalo. Il nous a paru de quelque intérêt d'enregistrer cette constatation.

En exprimant un peu différemment, ou plutôt complétant, nos conclusions précédentes, nous ajouterons ici, qu'envisagé du point de vue d'où le tempérament apparaît comme un phénomène, l'échelle de 12 notes en est la manifestation la plus remarquable.

En d'autres mots encore, nous la croyons un produit plus naturel qu'artificiel, résultant de la fusion de conditions physiques d'une part, psychologiques d'autre part, auxquelles l'esthétique musicale est astreinte.

[1] D'après lui, « Helmholtz exécutant des intervalles d'intonation prétendue juste sur ses harmoniums, par ex. des tierces et des septièmes, *Brahms raconte* qu'il les trouvait toujours mauvaises, mais que Joachim les déclarait toujours excellentes, uniquement par politesse. Or Helmholtz invoque le témoignage de ce dernier ».

COMPTE RENDU DES SÉANCES

DE LA

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE ET D'HISTOIRE NATURELLE DE GENÈVE

Séance du 7 mai 1914

Th. Tommasina. Une fausse interprétation de la vitesse de la lumière.
Emile Yung. La digestion chez les poissons sans estomac.

M. Th. Tommasina. — *Une fausse interprétation de la vitesse de la lumière.* — Cinquante-quatrième Note *sur la physique de la gravitation universelle.*

Le compte rendu de la séance de la Société Suisse de Physique qui eut lieu à Bâle[1] contient un résumé de la Communication faite par M. Ed. Guillaume « *Sur la vitesse de la lumière* » où se trouve une erreur d'interprétation que je crois devoir signaler étant très répandue. « La seule thermodynamique, dit l'auteur, permet de démontrer que *la vitesse de propagation de la lumière ne peut pas être fonction* uniquement *de la vitesse de la source* lumineuse ». C'est l'auteur qui a souligné ainsi. Certes, toute modification existant dans le milieu transmetteur doit exercer une influence sur la vitesse ; mais, qu'est-ce que cet *uniquement?* La vitesse de la lumière n'est pas du tout fonction de la vitesse de la source lumineuse, elle n'a rien de commun avec celle-ci. La vitesse de la lumière étant la vitesse de son mode de propagation, ne doit et ne peut dépendre que de la nature de son propre mécanisme qui est celui du milieu.

En effet, même si, par exemple, la source lumineuse s'éloignait se déplaçant en sens opposé de la propagation de la lumière qu'elle émet et, cas limite irréalisable où l'effet serait maximum, si la source avait une vitesse égale à celle de la lumière, la propagation de celle-ci n'en serait nullement influencée. Chaque ébranlement initial doit toujours être considéré comme instantané là où il est reçu par le milieu actif, mais immobile en son ensemble par rap-

[1] *Archives*, 1914, t. XXXVII, n° 3, p. 256.

port au mouvement de la source. Or, dès que l'ébranlement est transmis, la vitesse de translation de la source ne saurait avoir un effet quelconque sur la propagation de l'ébranlement dans le milieu, donc sur la vitesse de la lumière, bien qu'en ce cas l'intensité de celle-ci irait en diminuant avec une très grande rapidité, parce que les ébranlements successifs se suivraient avec des retards de plus en plus grands.

Si nous supposons que la source se déplace dans le sens du rayonnement, les deux vitesses étant égales, la source remplacerait le rayonnement, celui-ci ne pouvant la devancer. Et si la source passait instantanément, cas irréalisable, de l'immobilité à un mouvement de translation ayant la vitesse de la lumière, le rayonnement parti ou émis lorsque la source était immobile n'en serait point modifié, car la modification ne pourrait pas précéder la source, mais arriverait en même temps que celle-ci. En général, quelle que soit la vitesse de la source par rapport à celle de la lumière, le corps recevant la lumière étant supposé fixe, ce n'est pas la vitesse de la lumière qui change, mais la distance ; celle-ci, en effet, va en augmentant dans le premier cas et en diminuant dans le second, et l'intensité de la lumière deviendra de plus en plus faible ou de plus en plus grande. C'est cette modification continue de l'intensité de la lumière reçue, qui est fonction directe de la vitesse de la source parce qu'elle dépend de ses distances successives.

L'auteur a rappelé son Mémoire précédent paru dans les *Archives*[1] ; dans ce travail il prend en considération un disque lumineux de surface S et animé, dans une direction perpendiculaire à son plan d'un mouvement de va et vient, de centre O, et il observe l'intensité spécifique J en un point M situé sur le prolongement du segment parcouru par le centre du disque, à une distance Δ de O très grande par rapport à ce segment ; il arrive à cette conclusion : « Si M était près du disque, l'établissement de la formule pour J exigerait une intégration. On verrait alors que la densité de l'énergie peut être infinie sur des espaces finis et pendant des temps finis. Un corps placé en M dans une enveloppe réfléchissante et alternativement soumis et soustrait, par une ouverture de l'enveloppe, au rayonnement du disque, pourrait prendre une température indéfiniment croissante, sans qu'il y ait jamais compensation entre l'énergie dépensée et la température obtenue ». — Or, il suffit de considérer le fait que la vitesse maximum est finie, étant celle de la lumière, pour se convaincre que la densité de l'énergie ne peut pas être infinie, de même qu'une

[1] Ed. Guillaume, Note sur la vitesse de la lumière et le principe de Carnot. *Archives*, 1913, t. XXXVI, p. 401-404.

température indéfiniment croissante est inadmissible. L'auteur trouve que sa conclusion ne peut pas surprendre, puisque par hypothèse les particules ne réagissent pas les unes sur les autres. S'il en est ainsi, cela montre que cette hypothèse doit être abandonnée. D'ailleurs M. Guillaume nous dit que Ritz avait entrevu ces difficultés qui proviennent du facteur purement cinématique $\frac{dt}{dt'}$, et qu'il pensait que ces difficultés disparaîtraient si l'on attribuait à l'électron une étendue finie. Ma théorie remplace les particules émises discontinues par les ébranlements des électrons du milieu, et l'étendue de chaque électron y est considérée comme finie, étant une sphère d'action limitée par les sphères d'action des électrons contigus et, tous réagissant incessamment les uns sur les autres.

Dans le Mémoire actuel l'auteur suppose la source lumineuse en mouvement accéléré dans le sens de la propagation de la lumière et considère une tranche de rayon. « La vitesse du front de la tranche, dit-il, étant inférieure à la vitesse de l'arrière, cette tranche diminue d'épaisseur à mesure qu'elle se propage. Il y a donc une *condensation* de l'énergie due à une cause purement cinématique ». — Or, toute condensation d'énergie, consiste en dernière analyse en une modification purement cinétique, et sa cause ne saurait être d'autre nature, quelle que soit la nature physique du phénomène apparent où elle est produite. En outre, on suppose ici un transport par mouvement accéléré sans tenir compte de l'activité du milieu qui l'exécute, c'est ce qui empêche de voir qu'il n'y a et ne peut y avoir là aucune condensation. Le texte de l'auteur contient quelques interprétations physiques qui demandent à être éclaircies. Il dit que « cette condensation ne peut être compensée par aucun travail fourni à la source même, car la résistance que celle-ci oppose au mouvement, ne peut être qu'une résistance à l'accélération due à l'inertie de l'énergie, et doit se retrouver constamment dans l'énergie de vitesse des particules lumineuses ». Qu'est-ce que l'auteur entend par un travail fourni à une source lumineuse en mouvement? Comment un tel travail pourrait-il compenser une condensation se produisant dans une tranche d'un faisceau de rayons loin de la source? Qu'est-ce que signifie, en réalité, cette inertie de l'énergie qui doit se retrouver constamment dans l'énergie de vitesse des particules lumineuses? Premièrement, les particules qui transmettent la lumière dans l'espace ne sont pas lumineuses, deuxièmement, toute énergie est énergie de vitesse, car l'inertie de l'énergie signifie simplement que toute énergie est cinétique, c'est-à-dire qu'il n'y a pas d'énergie sans matière inhérente et sans vitesse. Quant à la résistance de la source à son déplacement, elle est, d'après ma théorie, fonction

de son propre rayonnement, dont la pression Maxwell-Bartoli agit contre les pressions de même nature, mais en sens opposé, des multiples radiations qui lui arrivent des autres sources. On ne doit pas oublier que la lumière est un mode de mouvement exécuté dans et par un éther incompressible. Aussi, ne doit-on pas supposer une tranche de rayon qui se propage, mais au contraire une tranche du milieu au travers de laquelle se propage la lumière, on voit alors nettement que si la vitesse de l'arrière est plus grande que celle du front, cela est dû au fait qu'en traversant la tranche la lumière perd de son intensité, devant se distribuer sur un nombre de plus en plus grand d'éléments vibrants correspondant aux sphères d'onde successives. Avec la perte d'intensité la vitesse qui en est fonction diminue proportionnellement. C'est le fait que j'ai signalé comme suffisant pour établir la non constance absolue de la vitesse de la lumière [1].

M. le professeur Emile Yung communique quelques-uns des résultats de ses recherches sur *la digestion chez les Poissons sans estomac*, c'est-à-dire dont l'estomac est dépourvu de glandes gastriques et qui ne digèrent qu'en milieu alcalin. Outre les Cyprinoïdes d'eau douce, M. Yung a étudié la question chez *Syngnathus acus, Labrus bergylta ; Crenilabrus melops* et *Lepadogaster bimaculatus* qui sont abondants dans la région côtière à Roscoff où ces études ont eu lieu.

Chez ces espèces marines de même que chez les Cyprinoïdes, la seule glande digestive différenciée est le prétendu foie qui est en réalité un hépato-pancréas ; d'autre part, les seuls éléments de l'épithélium intestinal susceptibles de produire des ferments sont les cellules caliciformes répandues en plus ou moins grande abondance tout le long du canal digestif. Chez tous ces Poissons l'absence de réactions acides et l'impuissance des extraits de l'hépato-pancréas et de la muqueuse intestinale à produire la digestion des albuminoïdes témoignent qu'ils n'engendrent ni enzyme protéolytique du type de la pepsine, ni acide chlorhydrique, substances dont l'existence, à dose beaucoup plus forte que chez les mammifères, caractérise cependant le suc gastrique de certains poissons, tels que les Sélaciens.

Les expériences ont toutes été faites *in vitro*, à la température de 16-22°, au moyen d'extraits de l'hépato-pancréas hâché et de la muqueuse intestinale raclée depuis l'arrière-bouche jusqu'au commencement du rectum. A une exception près, les résultats ont été

[1] Th. Tommasina, Nouveaux apports à la théorie de la lumière, *C. R. Acad. des Sc.*, 18 octobre 1909.

concordants chez les diverses espèces étudiées et ils peuvent être résumés ainsi :

1° L'extrait hépato-pancréatique se montre énergiquement diastatique sur les fécules ; il saponifie les graisses, mais son action sur la fibrine (du sang de porc) et sur l'albumine (du blanc d'œuf) quoique certaine est peu marquée.

2° L'extrait de la muqueuse intestinale exerce de son côté une action diastatique fort intense. Il suffit d'en ajouter une petite dose à l'amidon pour le transformer en glucose. Son action sur les graisses est également évidente. En revanche il n'exerce aucune action protéolytique.

3° Cette dernière action faible chez le suc hépato-pancréatique et nulle chez le suc intestinal considérés isolément, devient très intense de la part du mélange de ces deux sucs. De très petites quantités du second ajoutées au premier intensifient considérablement son activité, ce qui est nécessaire chez des poissons dont l'alimentation est principalement carnée.

4° L'exception aux résultats ci-dessus a été fournie par *Crenilabrus melops* dont le suc hépato-pancréatique est privé du pouvoir protéolytique autant que son suc intestinal. Ce poisson se nourrit à peu près exclusivement de petits crustacés du genre *Mysis*, lesquels fabriquent une quantité de ferment capable de digérer les albumines en milieu alcalin. L'expérience démontre que la digestion de leurs propres muscles, s'effectue à l'intérieur de l'intestin du poisson, grâce précisément à ce ferment qu'ils y apportent avec eux, ce qui dispense le poisson d'en fabriquer lui-même.

Séance du 4 juin

Jules Favre. Note sur la flore du Salève et ses rapports avec la géologie de cette montagne. — Th. Tommasina. Quelques corrections à la nouvelle mécanique. — L. de la Rive. Sur l'aberration de la lumière et les équations de la théorie de la relativité. — E. Cardoso. Eléments critiques et phases coexistantes des gaz permanents. — Léon-W. Collet. Charriage des alluvions dans certains cours d'eau de la Suisse.

Jules Favre. — *Note sur la flore du Salève et ses rapports avec la géologie de cette montagne.*

Au point de vue botanique les terrains qui constituent la chaîne du Salève peuvent être classés de la façon suivante :

A. *Terrains à associations végétales calcicoles.*

1. *Calcaires* (Kimeridgien, Portlandien, Purbeckien, Infravalanginien, Valanginien, et les moraines locales qui en proviennent ; Hauterivien supérieur et Barrémien). Sur ces terrains croissent

des associations végétales très variées, depuis les garides jusqu'à la forêt d'Epicea ; elles sont du reste semblables à celles des régions calcaires du pied du Jura, et montrent, en dehors des espèces calcicoles, un grand nombre d'espèces indifférentes.

2. *Grès molassiques.* Ils sont silicéo-calcaires et se désagrègent facilement en donnant des sables. Leur végétation est discontinue ; elle rappelle celle des garides et surtout celle des dunes de nos régions. C'est aux environs d'Essert et de la Muraz que cette formation est le mieux caractérisée ; ses espèces dominantes *Hippophae rhamnoides, Plantago Cynops, Hieracium staticefolium* lui donnent une physionomie toute particulière.

B. *Terrains à associations végétales silicicoles.*

1. *Grès sidérolitiques.* Eclusivement siliceux ou contenant des traces de chaux, ces grès se désagrègent facilement et donnent naissance à des sables dépourvus de calcaire. La végétation qui les recouvre est presque uniquement formée d'espèces silicicoles. Les espèces indifférentes herbacées y jouent un rôle insignifiant ; cela tient avant tout à l'extrême pauvreté de ces grès en matières minérales solubles pouvant servir à la nutrition des plantes, puis encore à la nature sablonneuse du sol. On peut observer des associations variées sur le Sidérolitique, comme la lande, la vernée, la pinède, la forêt de chêne, la forêt d'Epicea et le haut marais.

Ces grès possèdent des caractères physiques très semblables à ceux de la Molasse et cependant ils hébergent une flore tout à fait différente de celle de ces derniers. C'est là un très bel exemple montrant la prédominance des facteurs chimiques sur les facteurs physiques.

2. *Moraine de fond alpine.* Constituée par une argile à galets, elle contient presque toujours des traces de calcaire et donne un sol frais et humide. La végétation qui la peuple est par conséquent moins exclusivement silicicole que celle du Sidérolitique, et si les espèces calcifuges dominent sur ces argiles, un grand nombre d'espèces indifférentes peuvent toutefois y prospérer.

3. *Hauterivien inférieur.* Ce terrain est composé de marnes gréseuses et de calcaires gréseux interrompus à plusieurs reprises par des bancs calcaires. Sur les pentes raides, ces bancs calcaires, assez durs, font saillie et leurs débris répandus partout permettent l'établissement d'une flore calcicole. Sur les pentes douces, au contraire, grâces aux marnes et aux calcaires gréseux qui peuvent donner un résidu insoluble atteignant jusqu'à 58 %, il se forme très facilement une terre décalcifiée sur laquelle on trouve en général la prairie, où *Nardus stricta* joue un rôle très important avec quelques autres espèces silicicoles ; les espèces indifférentes y sont abondantes.

4. *Blocs erratiques cristallins.* Ils hébergent une végétation silicicole où, à part *Asplenium septentrionale,* on ne rencontre que des cryptogames cellulaires.

L'influence de la tectonique se fait nettement sentir sur la flore du Salève. Cette montagne possède une orientation tout à fait défavorable à la conservation des colonies xérothermiques, et pourtant, elle est plus riche en espèces d'origine méridionale que la chaîne du Vuache, toute voisine, dont le versant S. W., abrité des vents du nord reçoit un maximum d'insolation. Ce fait, qui paraît contradictoire au premier abord, s'explique facilement par la structure particulière du Salève. En effet, le pli qui forme cette montagne a été rompu en huit tronçons par sept décrochements tels que chaque tronçon oriental est rejeté vers le N. W. et soulevé en même temps par rapport à son tronçon occidental adjacent. Ces accidents ont une répercussion dans la topographie et déterminent des parois de rochers ou des pentes abritées de la bise et exposées au S. W. où prospèrent des colonies xérothermiques. Des failles et un pli-faille ont en outre donné naissance au Grand Salève à un escarpement fonctionnant comme condensateur des rayons solaires, où des espèces d'origine méridionale ont pu se maintenir. Enfin, c'est à des cassures verticales qu'est due la paroi de rochers dominant Archamps, où se trouvent aussi quelques espèces xérothermiques.

Une notice plus détaillée sur ce sujet paraîtra prochainement dans les *Memoires* de la Société de physique et d'histoire naturelles de Genève, vol. 38.

M. Th. Tommasina. — *Quelques corrections à la nouvelle mécanique.* — Cinquante-cinquième Note *sur la physique de la gravitation universelle.*

Poursuivant l'examen critique, commencé dans ma 49me Note sur le Mémoire de M. Max Abraham[1], je reviens sur l'expression déjà citée alors « *là où des forces semblent agir à distance* ». Comme la physique n'a jamais pu constater de semblables forces, cette manière de dire, admissible à l'époque de Newton, ne l'est plus aujourd'hui. Toutes les forces dont notre science s'occupe sont, en dernière analyse, des pressions mécaniques ne pouvant se transmettre que par des contacts par chocs successifs des éléments ultimes. Mais, l'auteur voit autrement la chose, en effet il écrit : « *Dans la prétention de bannir de la mécanique les actions à distance* se montre l'influence des idées de Faraday et de Maxwell sur le champ électromagnétique, idées qu'a fait triom-

[1] Max Abraham, *Die neue Mechanik, Scientia,* vol. XV. N. XXXIII-I-I-1914.

pher déjà Hertz, et qui devaient dominer la phase suivante de l'évolution ». Aucun mécanisme ne pouvant produire des actions à distance sans intermédiaire, ce n'était pas une prétention, celle de Faraday et de Maxwell de vouloir les bannir, tandis que c'est bien une prétention que celle des savants actuels qui veulent les conserver, s'obstinant à ne pas reconnaître qu'elles sont en contradiction frappante avec les théories nouvelles de la physique. L'état actuel de nos connaissances permet d'établir, non seulement qu'il n'y a pas des actions à distance sans intermédiaire, mais encore que nulle part n'existent les distances sans intermédiaire, où de telles actions étaient censées se produire. M. Abraham dit : « La transmission des forces d'un corps à l'autre est effectuée, d'après Faraday et Maxwell, au moyen de certaines *tensions fictives*, à savoir une traction le long des lignes de force électriques et magnétiques, une pression perpendiculaire à ces lignes ». Or, la théorie non-newtonienne en éliminant forcément toute explication par des forces fictives, ne peut pas admettre une traction le long des lignes de force. Aussi, ma théorie n'admet-elle que des pressions, autant le long des lignes de force que perpendiculairement à celles-ci. Les premières constituent le mode de transmission de l'énergie suivant chaque ligne et les deuxièmes l'action latérale réciproque des lignes contiguës. On a ainsi l'image mécanique de l'activité du champ. C'est ce qui m'a amené à reconnaître la fonction motrice universelle du milieu électromagnétique dans lequel et par lequel tous les corps sont déplacés et transportés.

C'est ce nouveau principe introduit par moi, qui permet de conserver l'axiome newtonien de l'égalité de l'action et de la réaction, celle-ci correspondant à l'activité intérieure des corps et l'autre étant celle qui leur est extérieure, celle qui appartient au milieu moteur. M. Abraham dit : « L'existence de la pression de la lumière est prouvée aussi bien expérimentalement que théoriquement. Or, les forces de pression de la lumière s'accordent-elles avec l'ancienne mécanique ? Le troisième axiome de Newton exige l'égalité de l'action et de la réaction simultanée. Toutefois quand il s'agit de corps séparés dans l'espace, à une force ne peut correspondre une force contraire simultanée que si la propagation des forces est instantanée. Le principe de réaction sous sa forme classique est incompatible avec une vitesse de propagation finie des forces, attendu qu'il n'exige pas seulement l'égalité de l'action et de la réaction, mais encore leur simultanéité ». Cela est exact, mais comme d'après ma théorie l'espace est plein et actif partout, l'action et la réaction sont précisément instantanées et simultanées, parce qu'elles se passent non pas entre des corps séparés, mais entre les éléments ultimes de chaque corps et ceux du milieu.

A propos de la dynamique des électrons l'auteur considère les

électrons comme étant des particules chargées d'électricité négative. Or, de telles particules seraient des ions négatifs, et s'il en était ainsi l'hypothèse des électrons ne correspondrait plus à son but pour la théorie de l'électricité. L'électron est par définition un constituant, un élément, de la charge électrique. Comment donc un électron peut-il être chargé, avoir une charge, s'il n'est qu'un constituant de celle-ci. « L'électron, dit M. Abraham, engendre par sa charge un champ électrique, par le mouvement de sa charge un champ magnétique. Dans son voisinage circule donc un courant d'énergie électromagnétique qui possède une quantité de mouvement électromagnétique ». Mais, si l'électron est en mouvement, c'est qu'il y a un champ qui le déplace et ce champ, s'il n'est pas une pure abstraction, est constitué aussi par des électrons. Sans quoi il serait absurde de parler d'un courant qui circule dans le voisinage d'un électron. Ce courant de quoi serait-il constitué ? Nous savons que la physique électronique définit le courant un flux d'électrons en mouvement de translation. M. Abraham n'est pas le seul qui parle de la charge d'un électron, c'est là presque le langage courant, mais c'est une erreur d'interprétation théorique. On confond l'élément de charge avec la charge élémentaire. Or, tandis que celle-ci n'est qu'une valeur, un quantum minimum, l'élément est une image hypothétique à laquelle doit correspondre une entité dynamo-cinétique. L'atome est un élément de molécule, mais il n'est pas une molécule élémentaire.

Cette correction a une importance capitale ; on va la mettre en évidence par une application immédiate. M. F. Ehrenhaft[1] a calculé à l'aide des lois de Stokes-Cunningham la masse et la charge d'une sphérule colloïdale métallique par l'observation de sa vitesse de chute et de son ascension dans un champ électrique. « Les résultats ainsi obtenus, dit-il, m'ont fait croire qu'assez souvent la charge des corpuscules reste inférieure à celle des électrons. Mais les expériences récentes m'ont démontré, avec une sûreté parfaite, qu'il existe des charges au-dessous de $4 \cdot 10^{-10}$ U. E. S. ». L'auteur ajoute qu'il avait réussi dès 1910 à tenir en suspension des boules métalliques et à changer leur charge et récemment à déterminer le champ électrique E_1 qui l'emporte sur la gravitation et à le diminuer jusqu'à la valeur de E_2 ; une sphérule de mercure montrait alors un mouvement de chute bien visible. Il a calculé 16 charges de boules de mercure (rayons $6\text{-}20 \cdot 10^{-6}$ cm.) dans CO^2 et N purs. Prenant la limite supérieure des lois de Cunningham, 14 de ces charges étaient inférieures à celles des électrons. L'auteur conclut que l'électricité se présente en quanta, mais que le minimum du quantum n'est pas donné par la charge des électrons. Or, si nous supposons que ces résultats viennent à être

[1] *C. R.*, t. 158, 14 avril 1914, p. 1071-73.

confirmés, la théorie électronique devra-t-elle admettre qu'il y a des quanta électriques plus petits que l'électron en tant qu'éléments de charge ? Et si oui, quelle en serait la conséquence ? Une seule : que la valeur attribuée comme limite inférieure à la charge électrique, considérée comme charge élémentaire, n'était pas exacte. Au lieu de conclure à l'existence de quanta électriques plus petits que l'électron, on reconnaîtra simplement, que nous n'avons aucune donnée expérimentale pour pouvoir calculer combien d'électrons existent en chacun des quanta minima électriques, dont nous aurons établi la valeur. Ce qui n'ôte, ni ne diminue l'importance de la notion d'électron en tant qu'élément dynamo-cinétique hypothétique de toute charge électrique.

M. J.-W. Nicholson dans sa récente Note « Sur les poids atomiques des éléments des nébuleuses »[1] dit : « Soit — e la quantité d'électricité *portée* par l'électron... » il faudrait corriger ainsi : « Soit — e la quantité d'électricité ou d'énergie électrique *possédée par* ou *constituant* l'électron... » Cette énergie est en dernière analyse purement mécanique, comme toute énergie, mais elle est électrique précisément parce qu'elle est l'énergie de l'électron, propre à l'électron, donc une *forme cinétique spéciale de l'énergie mécanique*. On peut considérer l'électricité, d'après cela, comme une manière d'être spéciale de la matière, dont l'énergie est toujours inhérente.

M. L. de la Rive fait une communication *sur l'aberration de la lumière et les équations de la théorie de la relativité.*

Le déplacement apparent des étoiles, ou angle d'aberration, s'explique, comme on le sait, par le mouvement de la terre sur son orbite. Il est intéressant de comparer la théorie de l'aberration usitée en astronomie aux résultats de la théorie de la relativité. La première donne, en désignant par φ et φ' les angles du rayon réel et du rayon apparent avec la direction de la vitesse d'entraînement, en se bornant au terme du second degré :

$$\cos \varphi' = \cos \varphi + \frac{c}{v} \sin^2 \varphi - \frac{3}{2} \frac{v^2}{c^2} \sin^2 \varphi \cos \varphi$$

Le calcul donné par M. Einstein[2], pour appliquer les équations de transformations connues, peut être simplifié en choisissant le point par lequel on fait passer les deux ondes planes sur l'axe des X, et en faisant :

$$x = \frac{ct}{\cos \varphi}$$

[1] *C. R.*, t. 158, 11 mai 1914, p. 1322.

[2] Relativitätsprinzip und Folgerungen, aus Jahrbuch der Radioactivität, IV Band, Heft 4, p. 424.

L'argument pour le rayon réel devient O et, en égalant à O l'argument du rayon apparent, on obtient :

$$\cos\varphi' = \frac{\cos\varphi + \frac{v}{c}}{1 + \frac{v}{c}\cos\varphi}$$

expression qui, développée, ne diffère de celle obtenue plus haut que par le terme du second degré. On peut rapprocher encore les deux solutions en remarquant que la seconde donne lieu à une construction géométrique qui n'est autre chose que le parallélogramme des vitesses avec la composante c suivant le rayon réel et une composante, qui ne diffère de v que par un terme du second degré, suivant la vitesse d'entraînement.

E. Cardoso. — *Eléments critiques et phases coexistantes des gaz permanents.* (1re note).

L'auteur fait connaître, en premier lieu, le principe de l'appareil cryostatique très simple qu'il a établi. Il présente l'appareil à l'assistance et indique qu'il permet d'obtenir des températures constantes à ± 0.05° entre — 50° et — 160° environ.

En utilisant un tube laboratoire de forme particulière, dans lequel tout le fluide à l'étude se trouve immergé dans le bain de température constante (ce qui constitue un véritable tube de Noturer) il a pu déterminer avec beaucoup de régularité les courbes des densités des phases coexistantes de CH_4 et de CO ; en opérant un peu autrement il a déterminé les pressions, les températures critiques, ainsi que quelques tensions de vapeur de ces deux gaz. Les diamètres ont été trouvés parfaitement rectilignes. Il annonce qu'à l'heure actuelle les mesures sur l'azote sont déjà en train et il espère en rendre compte sous peu.

Léon-W. Collet. — *Charriage des alluvions dans certains cours d'eau de la Suisse.*[1]

[1] *Archives,* 1914, t. XXXVII (4), 529.

COMPTE RENDU DES SÉANCES

DE LA

SOCIÉTÉ VAUDOISE DES SCIENCES NATURELLES

Séance du 18 février 1914

P. Narbel. Présentation de crânes de rongeurs et de cas de développement anormal des incisives. — M. Lugeon. Cristaux géants de pyrite de Chalcidique (Grèce). — Ch. Linder. Aperçu de la vie et de l'œuvre du grand naturaliste Alexandre Agassiz (1835-1910).

M. P. Narbel. — *Présentation de crânes de rongeurs et de cas de développement anormal des incisives.*

M. Narbel présente quelques crânes de rongeurs exotiques pour montrer l'insertion des incisives supérieures et inférieures. Il démontre que le maxillaire inférieur est traversé dans toute sa longueur par les incisives supérieures, donc la papille se trouve logée tout près de l'articulation temporo-maxillaire. Ce phénomène remarquable n'est pas seulement l'apanage des gros rongeurs exotiques, mais se retrouve exactement au même degré, chez nos campagnols surtout. Il fait circuler dans ce but des maxillaires d'*Arvicola amphibius.*

L'usure des incisives qui croissent pendant toute la vie du porteur se fait par frottement des dents supérieures contre les inférieures ; du fait de leur insertion si longue, il est difficile d'arracher les incisives aux rongeurs ; si celles-ci se cassent, elles reprennent vite leur longueur première, exagérant l'usure de la dent antagoniste qui pousse d'abord longue après l'accident.

M. Narbel présente encore un crâne de Hamster *(Cricetus frumentarius)* chez lequel, à la suite d'un accident, les incisives inférieures avaient été complètement détruites. De ce fait les incisives supérieures avaient poussé jusqu'à remplir la bouche, de telle façon que le porteur était mort de faim, dans l'impossibilité qu'il était de mâcher en frottant ses molaires.

M. Narbel présente encore un Hamster vivant et donne quelques détails sur la biologie de ce rongeur intéressant.

Il présente enfin un rat noir, à ventre blanc ; de la race *mus alexandrinus,* resté petit et grêle, parce que cet animal, à la suite probablement d'une luxation maxiliaire n'avait pu user ses incisives les unes contre les autres, si bien que les inférieures sortent recourbées de la bouche, pendant que les supérieures, passant à côté de la lèvre supérieure gauche, dépassent déjà le crâne de plusieurs millimètres.

M. M. Lugeon. — *Cristaux géants de pyrite de Chalcidique* (Grèce).

Dans le cours d'une exploration faite l'année dernière en Chalcidique, dans la partie orientale de la péninsule, M. M. Lugeon a eu l'occasion de visiter une importante mine de pyrite appartenant à la Société des mines de Kassandra. La mine se trouve entre Stratoni et Isvoros, non loin du cap Eleuthera. Elle consiste en un amas considérable de minerai perçant la granulite. La forme du gîte est celle d'un cylindre irrégulier très couché où la pyrite forme des filons secondaires enveloppés dans la granulite kaolinisée.

Dans le voisinage du chapeau de mine, il a été découvert, il y a quelques années, de très beaux cristaux de pyrite remarquables par leur taille. La Direction de la mine a fait cadeau à M. Lugeon de trois beaux cristaux en forme de cube. Le plus gros présente une arête de 235 millimètres. Dans le cœur de l'amas, on aperçoit ici et là de semblables cristaux de grande taille, mais ils ne peuvent être extraits de la masse de pyrite compacte qui les enveloppe. Les exemplaires apportés à Lausanne sont parmi les plus beaux qui ont été trouvés et comme le gisement de ces cristaux est épuisé, leur intérêt grandit encore. Ces pièces uniques ont été données par M. Lugeon au Musée cantonal.

A part ces gros cristaux cubiques dont de rares exemplaires montrent des faces incomplètes en trémie, ce qui se voit sur un des trois échantillons, de petits cristaux en cube ou en dodécaèdres divers sont très fréquents.

La granulite, dans laquelle est inclus le gîte, forme un grand massif qui s'allonge de l'Ouest à l'Est sur environ 20 km., constituant la petite chaîne de Straveniko qui entre en mer au Cap Eleuthera. Dans l'Ouest, le massif est injecté par de puissantes venues de pegmatite, et dans l'Est par quelques roches à amphibole.

Le massif est recouvert au Sud par un banc de calcaire cristallin contenant de grands gîtes de manganèses qui furent exploités il y a quelques années. Sur le calcaire, et enveloppant tout le massif en auréole, existent des schistes amphiboliques qui forment une grande partie de la Chalcidique. Ces schistes sont eux-mêmes sillonnés par des filons de pegmatite parfois si nombreux que les

schistes ne sont plus qu'à l'état résiduaire. Le tout appartient au primaire ou à l'Algonkien. Dans le centre de la Chalcidique, aux environs de Larikovi existe encore un autre massif granulitique qui n'avait pas été signalé, ainsi que celui de Straveniko.

Ch. Linder présente un *aperçu de la vie et de l'œuvre du grand naturaliste Alexandre Agassiz* (1835-1910), en s'inspirant du volume récemment publié par *G.-R. Agassiz: Letters and Recollections of A. Agassiz* (Londres 1913).

Séance du 4 mars

E. Wilczek. Dommages causés à la végétation par les fumées industrielles.

M. E. Wilczek. — *Dommages causés à la végétation par les fumées industrielles.*

L'auteur expose les dégâts causés aux forêts et aux arbres fruitiers en Valais par les fabriques de carbure de calcium, de cyanamide et d'aluminium.

Séance du 18 mars

Ch.-Eug. Guye. Stabilisation de l'arc électrique entre métaux. — Arthur Maillefer. Présentation d'appareils. — P. Dutoit. Grotte découverte à Bisel. — Ch. Linder. Hommage à Sir John Murray.

M. Ch.-E. Guye. — *Stabilisation de l'arc électrique entre métaux.*

L'arc électrique est, comme on sait, l'un des auxiliaires les plus précieux de la science et de l'industrie. Non seulement on lui doit un des modes d'éclairage les plus puissants; mais des progrès considérables ont été réalisés grâce à lui, dans le domaine de la métallurgie, de la téléphonie sans fil, de la production des rayons ultraviolets, etc.

Cependant, de toutes les applications de l'arc électrique, la fixation de l'azote de l'atmosphère paraît devoir être la plus importante par ses conséquences économiques et son avenir. Or, le principe même de la réaction gazeuse produite dans les fours destinés à la production des oxydes d'azote, constitue un élément d'*instabilité* des arcs électriques. Il s'agit en effet de soumettre l'azote et l'oxygène de l'air à la très haute température de l'arc

électrique et de faire passer ensuite les oxydes d'azote très rapidement de cette température élevée à une température plus basse pour empêcher la rétrogradation [1]. Dans ce but, l'arc est généralement traversé par un courant d'air énergique; d'autres fois il est mis en mouvement rapide par un champ magnétique (constant, alternatif ou tournant); toutes conditions particulièrement défavorables à la stabilité de l'arc.

M. Guye rappelle d'abord les traits principaux de la théorie actuelle de l'arc voltaïque, telle qu'elle a été établie presque simultanément par J.-T. Thomson et J. Stark. S'appuyant sur cette théorie et sur les travaux effectués au laboratoire qu'il dirige, M. Guye estime qu'en dernière analyse tous les dispositifs utilisés pour assurer la stabilité de l'arc ont pour effet : de faciliter le maintien de l'incandescence de la cathode; de faciliter l'ionisation du milieu qui sépare les électrodes; de permettre aux ions formés d'atteindre les électrodes et de maintenir ainsi par leur force vive l'incandescence de celles-ci (particulièrement de la cathode).

Indépendamment de ces considérations théoriques et générales qu'il ne faut jamais perdre de vue dans le choix des dispositifs, les travaux expérimentaux de Mme Ayrton sur le fonctionnement de l'arc entre charbons ont éclairé la question d'un jour nouveau. Ils ont permis d'établir, dans le cas particulièrement simple il est vrai, de l'arc à courant continu de petite longueur jaillissant entre charbons, une formule précise donnant la différence de potentiel et les conditions d'existence de l'arc pour un circuit donné et une longueur déterminée de l'arc voltaïque. Ces formules ont d'ailleurs été étendues aux arcs jaillissant entre électrodes métalliques et cela par des expériences effectuées à Genève en collaboration avec Mme Zébrikoff [2].

M. Guye montre ensuite, par des tracés oscillographiques, la complication qui résulte de la substitution du courant alternatif au courant continu. Il y a lieu de distinguer alors, comme on l'a fait depuis longtemps, deux régimes distincts; une période d'allumage et une période d'extinction; l'on voit en outre par les graphiques mêmes que la formule de Mme Ayrton ne s'applique plus, comme on pouvait s'y attendre, à chacun des instants, du régime d'allumage.

En définitive, la condition pratique de stabilité de l'arc alternatif paraît intimement liée à la durée plus ou moins grande de la période d'extinction [3] pendant laquelle la cathode se refroidit et les ions se dispersent. Il semble même que la plupart des disposi-

[1] A. Naville, Ph.-A. Guye, C.-E. Guye, Brevet 16 juillet 1895.

[2] C.-E. Guye et L. Zébrikoff, *Archives,* 1907, t.

[3] C.-E. Guye et A. Bron, *Id.*, 1908, t.

tifs utilisés pour stabiliser les arcs alternatifs aient précisément pour effet de réduire la durée de cette période. M. Guye cite à cette occasion toute une série de dispositifs qui ont été utilisés soit par lui-même, soit par d'autres expérimentateurs ; (emploi des arcs en série, machine à forte réaction d'induit, augmentation de la fréquence et surtout l'emploi bien connu d'une self disposée en série avec le ou les arcs).

A ce propos M. Guye mentionne l'avantage considérable et jusqu'alors ignoré [1] qui résulte pour la stabilité des arcs alternatifs de l'emploi de selfs sans fer. En effet si l'on compare à flux maximum égal le fonctionnement d'une self sans fer avec celui d'une self pourvue d'un noyau de fer, on reconnaît que pour la période *décroissante* du courant la f. e. m. induite *(de même sens que le courant)* est plus grande avec une self sans fer que pour une self avec fer. Le premier de ces dispositifs a donc pour effet de prolonger davantage la période d'allumage de l'arc. Au contraire, dans la période *croissante* du courant, la f. e. m. induite *(de sens opposé au courant)* est plus petite avec la self sans fer qu'avec la self avec fer. La self avec fer donnera donc, toutes conditions égales, une moindre stabilité à l'arc pendant la période de croissance du courant. Il résulte donc de l'emploi des selfs sans fer un double avantage pour la stabilité de l'arc.

M. Guye cite, à l'appui des considérations qui précèdent, un four de 488 kw installé à Genève par la société « Nitrogène » et pourvu d'une self sans fer. Dans ce four, la stabilité obtenue était tout à fait remarquable et la longueur développée de trois arcs en série atteignait environ vingt mètres.

Vu l'importance actuelle du problème de la fixation de l'azote, M. Guye a pensé qu'il convenait de résumer à ce point de vue spécial les principes généraux de stabilité des arcs, tels qu'ils résultent des théories actuelles et d'études faites en collaboration avec M. le prof. Ph. Guye et M. A. Naville et, d'autre part, de travaux effectués au Laboratoire de physique de l'Université de Genève.

M. Arthur Maillefer présente les *appareils* qu'il a fait construire pour maintenir les plantes dont il étudiait la réaction géotropique dans une atmosphère constamment renouvelée et *à température constante.*

M. P. Dutoit parle de la *grotte découverte à Bisel* par un sourcier.

[1] C.-E. Guye, Brevet 10 janvier 1911 (Berne).

Avant de lever la séance le président Ch. Linder rend un *hommage à Sir John Murray* et résume la vie et l'œuvre du grand océanographe d'Edinburgh, qu'un accident d'automobile a, la veille, enlevé à la science. Né en 1841 au Canada, John Murray a pris une part active et considérable à l'expédition du « Challenger » (1872-76) et à la publication des résultats de cette expédition restée fameuse.

Son nom est en outre intimément lié à l'étude systématique des lochs d'Ecosse et à d'autres recherches scientifiques qu'il a appuyées moralement et matériellement.

Ses publications ont pour sujets principaux l'océanographie sous ses divers aspects, les récifs de coraux, les sédiments des mers actuelles.

Le nom de Sir John Murray, — homme d'action, autorité scientifique respectée, caractère énergique et bienveillant, — survivra dans la science et dans le souvenir de ceux qui ont eu le privilège de l'aborder.

BULLETIN SCIENTIFIQUE

PHYSIQUE

A. Righi. Recherches expérimentales sur les rayons magnétiques dans différents gaz et mélanges gazeux. Mémoires de l'Académie de Bologne, 16 nov. 1913, traduction abrégée par l'auteur. Extrait des *Annales de Physique,* 9me série, t. I, Juin 1914, Paris.

Ce large résumé de son Mémoire que le professeur Righi, vient d'écrire en français pour les *Annales de physique,* en 35 pages et illustré par 15 figures, est du plus haut intérêt scientifique. L'auteur qui poursuit depuis plusieurs années l'étude de ses *rayons magnétiques,* dont les résultats, relatés en une série de Notes et de Mémoires, sont connus par les lecteurs des *Archives*, continue par la création d'appareils et de dispositifs très ingénieux à établir des faits nouveaux qui viennent donner un appui de plus en plus solide à ses vues théoriques, enrichissant le patrimoine de la science.

Répondant aux objections théoriques de quelques physiciens, Righi fait observer qu'on ne prend pas en considération comme ils le méritent certains faits, et en particulier les deux suivants qu'il a démontré par ses expériences : 1° la diminution de la charge positive transportée par les rayons-canaux lorsqu'ils se changent partiellement en rayons magnétiques sous l'influence d'un champ magnétique approprié ; 2° la disparition des rayons magnétiques qui a lieu lorsque l'intensité du champ magnétique qui les produit surpasse une certaine valeur, variable suivant les conditions de l'expérience.

Dans les conclusions générales du travail actuel, l'auteur dit que ses résultats constituent dans leur ensemble, une confirmation qu'on ne doit pas négliger. « Naturellement, ajoute-t-il, si une hypothèse reçoit des confirmations, cela n'exclut pas la possibilité que des faits nouveaux puissent n'y être pas favorables ; mais, au moins, les confirmations augmentent la confiance dans la théorie ». Il y a encore des physiciens qui croient qu'il n'y a pas besoin d'une hypothèse nouvelle pour expliquer les phénomènes présentés par la lumière cathodique sous l'action du champ magnétique ; d'autres, reconnaissent l'insuffisance de l'explication ancienne, mais n'en

suggèrent pas une nouvelle. Seulement MM. More et Mauchly ont proposé une théorie nouvelle; mais elle ne peut être acceptée, d'après Righi, car elle part d'une supposition erronée, celle que, sous l'action du champ, la chute de potentiel cathodique diminue, tandis que c'est précisément le contraire qui a lieu lors de la production du phénomène de l'anode virtuelle[1].

Th. T.

CHIMIE

E. Aries. — Chimie physique élémentaire. A. Hermann et fils, édit. Paris 1914.

M. Aries avec ce livre, nous donne le premier volume d'une série qu'il appelle « Chimie physique élémentaire ». Ce tome premier dont le titre est « Les principes fondamentaux de la statique chimique » est surtout un exposé des notions fondamentales de thermodynamique, dont le physico-chimiste peut avoir besoin.

Il faut savoir gré à l'auteur de la simplicité des calculs qu'il utilise dans son texte; cette simplicité est, à nos yeux, une preuve de la façon remarquable dont l'auteur manie l'outil mathématique.

M. Aries discute souvent de près, dans son livre, l'opinion de M. M. Planck et de M. P. Duhem quand elle ne coïncide pas avec la sienne; nous ne pouvons pas suivre l'auteur sur ce chemin, surtout parce que ces discussions prennent place dans un livre d'enseignement. Ainsi que quelques autres physiciens, l'auteur ne partage pas les idées si claires de M. Planck sur la dissipation de l'énergie et penche plutôt pour la notion de « qualité d'énergie » qui nous semble quelque peu métaphysique; l'auteur fait aussi un large emploi du « potentiel chimique ».

Ce livre manque d'applications numériques, c'est à notre avis regrettable; et à l'appui de notre idée citons que M. Planck dans son admirable « Thermodynamique » n'a pas craint d'illustrer d'une vraie foule d'exemples numériques un texte déjà extrêmement clair par lui-même. On pourrait ajouter aussi que la statique chimique n'a été envisagée par l'auteur qu'à un seul point de vue, alors qu'il est prouvé par l'histoire du développement de la chimie-physique qu'il est d'autres méthodes au moins aussi fructueuses que celle énergetique.

Quoiqu'il en soit il faut reconnaître, et c'est là un grand mérite, que l'auteur est parvenu à réunir dans un nombre limité de pages une grande partie de ce qu'il est récessaire de savoir sur la statique chimique.

[1] *Archives,* 4me période, t. XXXVI, n° 12, 1913, p. 586.

D. Maron, M. Kontorowitsch et J.-J. Bloch. Sur quelques monoacidyl-o-phénylènediamine-acétonitriles et leur transformation en dérivés diacidyliques et benzimidazoliques correspondants. (*Ber. d. Deutsch. chem. Ges.*, T. 47 (1914), p. 1347-1352; laboratoire de chimie organique de l'Université de Genève).

Faisant suite à leurs recherches précédentes les auteurs ont préparé l'amino-3-acetamino-4-phénylacétonitrile :

$$CN \cdot CH^2 \langle \text{benzene ring} \rangle \begin{matrix} NH^2 \\ NH \cdot C^2H^3O \end{matrix}$$

en réduisant le cyanure de p-nitrobenzyle par le fer, traitant le dérivé aminé par l'anhydride acétique, nitrant le dérivé acétylé obtenu, puis le réduisant. L'amine ainsi préparée f. à 137-138°, l'azimide correspondante à 109-110° et le dérivé diacétylé à 177-178°. Le monoacétyl-o-phénylènediamine-acétonitrile ci-dessus bouilli pendant 5 à 6 heures avec de l'acide acétique cristallisable, fournit le méthyl-2-acétonitrile-5-benzimidazol, substance blanche f. à 206-207° :

$$CN \cdot CH^2 \langle \text{benzene ring} \rangle \begin{matrix} N \\ NH \end{matrix} \rangle CCH^3$$

Les auteurs ont également préparé d'une manière analogue le p-formylamino-phénacétonitrile, la monoformyl-acétonitrile-o-phénylène-diamine et l'acétonitrile-5-benzimidazol.

MESURES DU COURANT ÉLECTRIQUE

PASSANT DE L'ATMOSPHÈRE A LA TERRE

faites à Altdorf et à Fribourg

JUIN 1914

HEURE	ALTDORF			FRIBOURG			TEMPS
	λ	P. G.	Courant	λ	P. G.	Courant	
			5 juin				
5-6 a.	439	29	42	—	—	—	Couvert le matin, orage et pluie à Altdorf depuis 1 h., à Fribourg depuis 6 h. soir.
6-7	395	61	80	176	78	47	
7-8	383	76	97	90	149 à 125	41	
8-9	381	85	108	196	98	64	
9-10	387	95	122	178	101	60	
10-11	400	39	52	181	87	53	
11-12	404	66	89	171	67	38	
1-2	314	-500 jusq. +600	—	151	49	24	
2-3	388	+800 à -500	—	137	61	28	
3-4	579	-300 à +500	—	171	74	42	
4-5	531	-700	—	240	46	37	
5-6	348	Ca +500	—	268	67	60	
6-7	455	Ca -600	—	221	oscill. à -1100	—	
7-8	—	—	—	—	» - 400	—	
8-9 p.	—	—	—	—	» < 40	—	
			26 juin				
5-6 a.	694	37	78	99	83	27	Très beau aux deux stations, brumeux à Fribourg dans la matinée.
6-7	255	66	56	102	122	41	
7-8	281	85	80	147	200	98	
8-9	430	97	139	173	89	51	
9-10	430	113	162	181	90	55	
10-11	434	100	145	160	70	38	
11-12	376	105	122	149	70	35	
1-2	361	109	132	193	86	55	
2-3	354	136	161	206	90	61	
3-4	365	105	128	215	90	64	
4-5	420	127	178	210	86	60	
5-6	407	129	175	202	65	44	
6-7	362	173	209	191	74 à 132	—	
7-8	343	54	62	201	78	52	
8-9	446	49	73	204	74	52	
9-10	475	68	107	208	77	53	

Abréviations

λ = conductibilité par ions négatifs et positifs en unités électrostatiques $\times 10^6$

P. G. = gradient du potentiel en volts par mètre, réduit sur terrain plat

Courant vertical, en unités électrostatiques $\times 10^8$

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A

L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

PENDANT LE MOIS

DE JUIN 1914

Le 1, petite pluie dans la nuit.
5, pluie de 7 h. à 8 h. et de 9 h. à 10 h. du soir.
7, pluie de 7 h. à 10 h. du soir et dans la nuit.
8, pluie de 7 h. à 8 h. du matin, de 2 h. à 4 h., dè 9 h. à 10 h. du soir et dans la nuit ; nouvelle chute de neige sur les montagnes.
10, pluie de 6 h. 30 m. à 7 h. 30 m. du soir.
12, orage et grêle à 12 h. 55 m. ; pluie de 8 h. à 10 h. du soir.
13, pluie de 9 h. 30 m. à 10 h. du soir et dans la nuit.
14, petite pluie l'après-midi, arc-en-ciel à 6 h. 15 m. du soir.
15, orage à 6 h. du soir et pluie dans la nuit.
16, pluie de 1 h. à 2 h. du soir.
17, orage à 1 h. 50 m. du soir ; pluie dans la nuit.
18, petite pluie le matin et de 9 h. à 10 h. du soir.
20, orages à 6 h. et à 7 h. 15 m. du soir ; pluie dans la nuit.
21, orages à 5 h. 20 m. et à 8 h. du soir ; pluie dans la nuit.
22, pluie de 8 h. à 11 h. du matin.
25, rosée le matin.
27, orage à 3 h. 10 m. du soir.
28, orage à 3 h. 30 m. du soir.

GENÈVE — JUIN 1914

Jour du mois	Pression atmosphérique 700mm + 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 8 Obs.	Ecart av. la norm.	Barographe Min.	Barographe Max.	Vent 7 h.	Vent 1 h.	Vent 9 h.	Vent Dominant	Vit. moy. kil. h.	Nébulosité 7 h.	1 h.	9 h.	Moy. 6 obs.	Durée d'insolation	Pluie Hauteur 24 h.	Pluie Nombre d'heures
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm										h.	mm.	
1	25.9	24.5	25.4	25.36	− 0.93	24.1	26.7	SSW. 0	SE. 0	W. 0	var.	2.7	2	8	1	8	7.7	0.8	2
2	26.0	25.6	26.6	25.88	− 0.45	25.1	27.6	SSW. 0	NNE. 1	N. 1	NNE. 1	6.1	10	2	7	6	6.9	....	....
3	28.4	28.2	28.4	28.15	+ 1.77	27.6	28.8	NNE 1	NNE. 2	NNE 1	NNE. 1	**11.8**	2	1	0	2	13.0	....	....
4	27.6	25.2	23.3	25.73	− 0.69	23.0	28.4	NNW 1	NNE. 1	SSW. 0	NNE. 1	4.2	0	0	0	1	13.9	....	....
5	22.7	21.5	23.7	22.48	− 3.98	21.3	23.7	NNE. 1	NNW. 2	SSE. 1	NNW. 1	9.0	1	9	10	7	6.9	1.6	2
6	22.9	23.8	26.4	24.03	− 2.47	22.6	26.8	SE. 1	NNE. 2	NNE. 1	NNE. 1	9.8	9	8	5	5	7.3	....	....
7	26.6	24.1	20.6	24.25	− 2.29	19.8	26.8	N. 0	W. 0	S 1	SSW. 1	5.2	0	2	10	5	10.7	**19.0**	**13**
8	17.0	14.9	15.0	**16.09**	**−10.49**	**14.1**	19.8	SSW. 2	SSE. 1	W. 1	SSW. 1	6.7	10	9	10	9	0.8	13.4	7
9	17.3	18.6	21.0	18.26	− 8.36	15.7	21.9	SSW. 2	SSW. 2	NE. 1	SSW. 1	4.4	8	2	9	3	11.3	....	....
10	23.2	23.1	22.2	22.59	− 4.07	21.7	23.6	NW. 0	NNW. 1	SW. 0	calme	0.8	7	9	10	9	5.3	0.8	1
11	22.1	21.8	22.4	21.95	− 4.75	20.9	23.0	NNE. 1	NNE. 1	SSE. 0	var.	2.1	1	2	4	5	11.1	....	....
12	22.4	22.0	24.0	22.72	− 4.02	21.9	24.3	NNE. 1	SSW. 2	SE. 1	var.	3.6	3	9	10	8	9.6	1.8	2
13	23.5	22.5	23.2	23.15	− 3.63	21.6	24.6	NNW. 1	NNW. 1	SE. 1	NNW 1	4.4	8	4	9	6	9.5	2.6	3
14	24.9	24.8	25.8	24.91	− 1.90	24.2	26.1	SSW. 1	NNE. 1	SSW. 0	var.	2.9	9	4	2	5	6.9	0.3	1
15	26.1	25.0	25.5	25.41	− 1.41	23.7	26.4	SSW. 0	NNE. 1	NNE. 1	NNE. 1	5.0	4	2	10	6	7.9	1.2	3
16	26.3	26.4	28.0	26.62	− 0.27	25.9	28.4	SSE. 1	SE. 0	SE. 0	calme	1.3	10	9	9	7	1.1	0.8	1
17	28.3	27.2	27.0	27.42	+ 0.50	26.4	28.4	W. 0	S. 1	SE. 0	NNE. 1	4.6	2	2	1	2	11.8	5.0	3
18	28.2	27.8	28.2	27.86	+ 0.90	27.1	28.6	SE. 1	NW. 0	NNE. 1	NNE. 1	4.4	10	10	10	10	0.0	0.8	2
19	28.2	27.1	27.9	27.71	+ 0.72	26.7	28.3	NNW. 0	NNE. 1	SSE 0	NNW. 1	4.2	1	6	2	5	8.4	....	....
20	27.8	25.9	25.9	26.58	− 0.45	24.6	27.9	N 0	NNE 1	ENE. 1	NNE. 1	5.4	0	2	5	3	12.8	1.0	2
21	27.0	25.4	26.8	26.23	− 0.83	24.5	27.1	SE. 1	W. 1	N. 1	var.	5.0	3	3	5	4	9.1	2.0	3
22	26.5	30.8	30.9	29.00	+ 1.91	26.4	31.7	NW. 0	SE. 1	SSW. 1	SSW. 1	4.0	10	4	5	6	6.6	18.6	4
23	32.3	31.7	32.5	31.97	+ 4.85	31.6	33.1	SSW. 1	NNE. 1	SSW. 0	NNE. 1	5.0	9	2	1	3	12.6	....	....
24	33.4	33.1	34.3	**33.44**	**+ 6.28**	33.0	**34.6**	SSW. 0	SW. 1	N. 0	SSW. 1	4.0	9	8	0	5	3.4	....	....
25	34.2	33.4	32.7	33.43	+ 6.24	32.2	34.5	SSE. 0	NNE. 1	NNE. 0	NNE. 1	3.6	0	1	0	1	**14.8**	....	....
26	32.7	31.7	30.8	31.63	+ 4.41	29.9	32.7	NNE. 1	NNE. 1	S. 1	NNE. 1	3.8	0	1	0	0	14.5	....	....
27	32.6	31.3	31.8	31.82	+ 4.57	30.7	32.7	SSW. 1	SSW. 1	SSW. 0	NNE. 1	2.1	0	2	1	4	11.3	....	....
28	32.6	31.7	31.7	31.96	+ 4.68	30.9	32.7	E. 0	NNE. 1	SSW. 0	calme	1.7	0	1	0	2	10.8	....	....
29	32.6	31.6	31.0	31.70	+ 4.40	30.6	32.7	SW. 0	NNW. 1	NNE. 0	var.	1.2	0	1	0	1	14.4	....	....
30	31.0	29.0	28.0	29.50	+ 2.17	27.5	31.3	NE. 1	NNW. 1	NNE. 0	NNE. 1	3.1	0	0	0	0	14.6	....	....
Mois	27.01	26.33	26.69	26.59	− 0.60							4.50	4.4	4.1	4.5	4.6	275.6	69.7	49

GENÈVE — JUIN 1914

Jour du mois	Température 7 h.	Température 1 h.	Température 9 h.	Température Moyenne 8 Observ.	Température Ecart avec la normale	Température Min.	Température Max.	Fraction de saturation en 0/0 7 h.	Fraction de saturation en 0/0 1 h.	Fraction de saturation en 0/0 9 h.	Fraction de saturation en 0/0 Moyenne 8 Obs.	Fraction de saturation en 0/0 Ecart av. la norm.	Fraction de saturation en 0/0 Min.	Fraction de saturation en 0/0 Max.	Tempér. du Rhône Midi	Tempér. du Rhône Ecart avec la normale	Limnimètre
	°	°	°	°	°	°	°								°	°	mm.
1	+12.4	+19.5	+12.7	+13.57	− 1.77	+ 7.5	+21.6	71	45	88	71	+ 1	42	92	13.2	− 0.5	1395
2	11.8	18.7	15.8	14.69	− 0.77	9.0	20.4	86	54	65	71	+ 1	50	90	13.0	− 0.8	1390
3	14.7	18.2	14.5	15.89	+ 0.31	12.8	19.7	68	42	67	60	−10	40	77	13.8	− 0.1	1390
4	12.5	19.2	17.7	15.76	+ 0.06	8.5	22.5	68	53	61	63	− 7	38	84	14.2	+ 0.1	1385
5	14.5	20.0	10.5	15.22	− 0.60	9.6	21.5	86	45	85	67	− 3	36	94	15.3	+ 1.1	1375
6	9.4	13.0	10.8	10.73	− 5.21	6.8	14.8	77	40	56	61	− 9	38	85	14.5	+ 0.2	1395
7	10.0	18.0	13.0	12.40	− 3.66	**4.0**	19.2	70	42	64	**59**	**−11**	38	84	—	—	1370
8	7.4	12.5	7.5	**9.18**	**− 6.99**	6.6	13.8	85	53	98	86	**+16**	51	**99**	11.0	− 0.5	1425
9	8.3	14.8	11.8	11.00	− 5.28	5.9	16.2	97	48	65	79	0	40	98	12.0	− 2.6	1355
10	9.8	15.0	13.3	11.84	− 4.55	5.4	17.3	76	51	74	67	− 3	42	85	11.3	− 3.5	1400
11	12.1	17.8	16.0	14.68	− 1.82	8.8	21.3	74	48	68	66	− 4	40	84	11.2	− 3.7	1390
12	13.7	19.9	13.7	16.00	− 0.61	11.0	21.0	72	50	81	63	− 7	44	83	15.0	0.0	1380
13	13.0	20.0	15.7	16.09	− 0.62	10.0	22.8	80	43	68	65	− 4	42	86	12.3	− 2.8	1375
14	13.3	17.8	15.0	15.31	− 1.51	11.0	20.8	90	62	77	78	+ 8	55	95	—	—	1375
15	14.2	18.8	14.9	15.64	− 1.28	10.8	20.8	82	53	85	74	+ 4	50	93	12.3	− 3.0	1370
16	14.0	18.4	16.4	16.11	− 0.91	12.5	20.8	88	77	80	79	+ 9	60	92	14.5	− 0.9	1380
17	15.4	22.9	17.7	17.79	+ 0.68	13.0	24.1	82	51	72	70	0	46	84	12.3	− 3.2	1365
18	13.6	17.4	14.8	15.11	− 2.10	12.4	17.2	95	81	86	**85**	+15	71	97	14.0	− 1.6	1385
19	14.8	20.4	15.2	16.44	− 0.86	12.4	21.7	90	49	82	74	+ 4	47	95	15.3	− 0.4	1415
20	14.2	20.9	17.2	16.75	− 0.63	9.8	22.8	86	47	72	67	− 3	38	92	16.3	+ 0.5	1435
21	15.7	23.7	16.6	18.18	+ 0.70	13.5	25.4	90	48	61	69	− 1	40	93	—	—	1440
22	14.2	12.8	13.4	14.00	− 3.51	9.0	18.6	91	86	73	77	+ 7	45	94	16.7	+ 0.7	1455
23	13.8	19.0	15.8	15.55	− 2.10	10.0	20.3	77	45	62	64	− 6	41	85	15.7	− 0.4	1500
24	14.7	21.6	14.7	15.51	− 1.22	11.0	22.7	72	48	76	65	− 1	45	82	15.0	− 1.2	1480
25	14.3	20.6	17.3	16.10	− 1.71	9.0	22.0	77	47	70	66	− 3	38	87	15.7	− 0.6	1480
26	15.4	21.6	19.5	18.10	+ 0.22	11.0	24.0	71	47	64	63	− 6	37	83	15.7	− 0.7	1460
27	17.8	26.4	19.3	19.66	+ 1.70	12.8	**29.2**	72	47	72	66	− 3	44	83	17.7	+ 1.2	1470
28	18.2	21.0	20.8	20.14	+ 2.11	13.0	27.2	80	50	78	69	0	44	86	—	—	1480
29	18.8	24.9	22.4	**21.24**	**+ 3.15**	13.8	27.2	76	48	70	62	− 7	**33**	85	18.3	+ 1.6	1507
30	+19.7	+25.2	+22.0	+20.87	+ 2.71	+14.8	+27.6	68	53	74	69	0	44	88	19.0	+ 2.2	1505
Mois	+13.72	+19.44	+15.50	+15.68	− 1.13	+10.19	+21.48	80	52	73	69	− 1			14.55	− 0.79	1417

MOYENNES DE GENÈVE. — JUIN 1914

Correction pour réduire la pression atmosphérique de Genève à la pesanteur normale : + 0mm.02. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

Pression atmosphérique : 700mm +

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.	Moyennes
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re déc.	23.80	23.48	23.76	23.62	22.96	22.42	22.74	23.47	23.28
2e »	25.76	25.65	25.76	25.66	25.06	24.51	25.03	26.03	25.43
3e »	31.35	31.30	31.50	31.48	30.98	30.22	30.44	31.29	31.07
Mois	26.97	26.81	27.01	26.92	26.33	25.72	26.07	26.93	26.59

Température.

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.	Moyennes
	°	°	°	°	°	°	°	°	°
1re déc.	+ 9.91	+ 8.83	+11.08	+14.15	+16.89	+16.59	+14.79	+11.98	+13.03
2e »	13.21	11.92	13.83	17.11	19.37	19.67	17.83	15.00	15.99
3e »	14.39	12.90	16.26	18.58	21.98	22.85	20.23	17.09	18.03
Mois	+12.50	+11.22	+13.72	+16.58	+19.41	+19.70	+17.62	+14.69	+15.68

Fraction de saturation en %.

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.	Moyennes
1re décade	83	85	78	58	47	51	60	77	67
2e »	83	88	84	68	56	54	63	81	72
3e »	81	84	77	63	52	47	59	73	67
Mois	82	86	80	63	52	51	61	77	69

Dans ce mois l'air a été calme 228 fois sur 1000.

Le rapport des vents $\frac{\text{NNE}}{\text{SSW}} = \frac{80}{39} = 2.05$

Moyennes des 3 observations (7h, 1h, 9h)

	mm
Pression atmosphérique.......	26.68
Nébulosité..................	4.3
Température $\frac{7+1+9}{3}$..	+16°.21
Température $\frac{7+1+2\times 9}{4}$..	+16°.03
Fraction de saturation........	68 %

Valeurs normales du mois pour les éléments météorologiques, d'après Plantamour :

	mm
Press. atmosphér.. (1836-1875).	727.19
Nébulosité.. ..... (1847-1875).	5.4
Hauteur de pluie.. (1826-1875).	76mm.0
Nombre de jours de pluie. (id.).	11
Température moyenne... (id.).	+16°.81
Fraction de saturat. (1849-1875).	70 %

Observations météorologiques faites dans le canton de Genève

Résultats des observations pluviométriques

Station	CÉLIGNY	COLLEX	CHAMBÉSY	CHATELAINE	SATIGNY	ATHENAZ	COMPESIÈRES
Hauteur d'eau en mm.	84.5	67.9	67.5	65.2	59.8	63.4	79.1

Station	VEYRIER	OBSERVATOIRE	COLOGNY	PUPLINGE	JUSSY	HERMANCE
Hauteur d'eau en mm.	87.3	69.7	71.7	96.4	99.3	108.2

Insolation à Jussy : 202.9 h.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU

GRAND SAINT-BERNARD

PENDANT LE MOIS

DE JUIN 1914

Les 5 et 6, brouillard et neige.
8, 9 et 10, neige.
15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23 et 25, pluie.
11, 13, 14, 16, 17, 18, 19, 20 et 21, brouillard.
5, 6 et 25, très forte bise.
8 et 10, très fort vent.
le 15, orage.
17, éclairs.

GRAND SAINT-BERNARD — JUIN 1914

Jour du mois	Pression atmosphérique 500mm + 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Ecart av. la norm.	Barographe Min.	Barographe Max.	Vent 7 h.	Vent 1 h.	Vent 9 h.	Vent Dominant	Nébulosité 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Pluie Hauteur (24 h.)	Neige Hauteur (24 h.)
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.									mm.	cm.
1	63.7	64.1	64.5	64.1	− 1.6	63.6	64.6	NE. 2	NE. 1	NE. 1	NE. 1	7	2	0	3	....	....
2	64.6	65.0	65.8	65.1	− 0.7	64.4	66.6	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	1	10	10	7	....	....
3	67.0	67.0	67.9	67.3	+ 1.4	66.6	67.9	NE. 2	NE. 2	NE. 1	NE. 2	1	2	7	3	....	....
4	67.1	67.0	65.8	66.6	+ 0.7	65.0	67.7	SW. 2	SW. 1	SW. 1	SW. 1	0	0	1	0	....	....
5	63.0	62.0	60.2	61.7	− 4.3	58.7	65.0	NE. 1	NE. 2	NE. 3	NE. 2	10	10	10	10	7.0	6
6	57.3	59.0	61.4	59.2	− 6.9	57.2	61.8	NE. 4	NE. 4	NE. 4	NE. 4	10	10	10	10	....	....
7	62.0	61.8	60.6	61.5	− 4.7	60.0	62.1	NE. 2	NE. 1	NE. 1	NE. 1	0	0	2	1	....	....
8	55.3	53.8	53.7	**54.3**	**− 12.0**	**53.6**	60.0	SW. 4	SW. 4	NE. 1	SW. 3	10	10	3	8	**12.0**	**10**
9	54.0	58.8	60.1	57.6	− 8.7	53.8	61.1	SW. 1	SW. 1	NE. 2	SW. 1	10	7	10	9	3.0	3
10	61.5	62.5	62.1	62.0	− 4.4	61.1	62.6	SW. 2	SW. 1	SW. 3	SW. 2	5	10	10	8	3.4	3
11	61.6	62.4	63.8	62.6	− 3.9	61.4	63.9	SW. 1	SW. 2	SW. 1	SW. 1	10	7	0	6	....	....
12	63.0	63.1	63.5	63.2	− 3.4	62.8	63.7	SW. 1	SW. 1	SW. 0	SW. 1	8	8	2	6	....	....
13	62.5	62.8	63.7	63.0	− 3.7	62.5	63.7	NE. 1	NE. 1	SW. 1	NE. 1	10	10	10	10	....	....
14	63.5	64.5	65.7	64.6	− 2.1	63.4	65.7	SW. 1	SW. 1	NE. 1	SW. 1	2	3	10	5	....	....
15	65.6	65.7	65.4	65.6	− 1.2	65.2	65.8	NE. 1	SW. 1	SW. 1	SW. 1	10	2	10	7	2.0	....
16	65.0	66.0	66.6	65.9	− 1.0	64.8	67.0	NE. 1	NE. 2	NE. 3	NE. 2	10	10	10	10	3.6	....
17	67.6	68.0	68.0	67.9	+ 0.9	67.9	68.0	NE. 1	NE. 0	NE. 1	NE. 1	2	1	10	4	8.6	....
18	67.0	67.1	67.1	67.1	+ 0.1	67.0	67.8	NE. 0	NE. 0	NE. 1	calme	3	7	10	7	0.4	....
19	67.0	67.6	67.6	67.4	+ 0.3	67.0	67.7	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	10	10	10	10	4.8	....
20	67.1	67.0	67.2	67.1	− 0.1	66.9	67.3	NE. 1	NE. 0	NE. 1	NE. 1	1	3	10	5	3.6	....
21	66.8	67.0	67.7	67.2	0.0	66.7	67.7	NE. 0	NE. 1	NE. 0	calme	10	9	8	9	2.0	....
22	66.7	67.8	68.6	67.7	+ 0.4	67.7	68.8	SW. 1	SW. 2	NE. 1	SW. 2	10	10	10	10	8.3	....
23	69.1	69.4	70.9	69.8	+ 2.4	68.8	71.1	NE. 0	NE. 1	NE. 1	NE. 1	2	1	1	1	5.5	....
24	71.3	71.3	72.3	71.6	+ 4.2	71.1	72.4	NE. 0	NE. 2	NE. 1	NE. 1	7	10	10	9	....	....
25	71.6	71.2	72.8	71.8	+ 4.3	71.2	72.8	NE. 2	NE. 3	NE. 1	NE. 2	0	0	0	0	0.9	....
26	72.5	72.8	72.8	72.7	+ 5.1	72.4	73.0	NE. 0	NE. 1	NE. 0	calme	1	1	1	1	....	....
27	73.2	73.0	73.6	73.3	+ 5.7	72.9	73.8	NE. 0	NE. 1	NE. 1	NE. 1	1	2	0	1	....	....
28	73.3	73.7	74.3	73.8	+ 6.1	73.1	**74.4**	NE. 0	NE. 1	NE. 0	calme	0	1	0	0	....	....
29	73.8	74.1	74.1	**74.0**	+ **6.3**	73.7	74.2	NE. 0	NE. 0	NE. 0	calme	0	0	0	0	....	....
30	73.0	72.7	72.2	72.6	+ 5.2	71.9	73.9	NE. 0	SW. 0	SW. 0	calme	0	1	0	0	....	....
Mois	65.89	66.27	66.67	66.28	− 0.83							5.0	5.2	5.8	5.3	65.1	22

Jour du mois	Température							Fraction de saturation en %					
	7 heures	1 heure	9 heures	Moyenne 3 Observ.	Ecart avec la normale	Minimum	Maximum	7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Min.	Max.
	°	°	°	°	°	°	°						
1	− 1.0	+ 5.0	+ 0.3	+ 1.4	− 1.3	− 1.0	+ 6.3	91	49	94	78	44	96
2	+ 2.3	6.3	1.4	3.3	+ 0.5	+ 1.0	6.5	70	54	98	74	53	100
3	0.5	5.0	1.3	2.3	− 0.6	0.3	6.0	98	59	94	84	56	100
4	2.4	10.7	+ 3.6	5.6	+ 2.6	+ 2.3	11.4	74	37	92	68	32	94
5	+ 2.4	+ 3.4	− 2.7	+ 1.0	− 2.1	− 3.0	+ 3.6	95	75	95	88	68	98
6	− 3.3	− 3.1	− 5.9	− **4.1**	− **7.3**	− 6.0	− 2.8	96	92	86	91	80	98
7	− 5.5	+ 1.9	− 0.3	− 1.3	− 4.6	− **6.4**	+ 3.1	75	58	75	69	52	90
8	− 2.8	− 2.4	− 3.5	− 2.9	− 6.3	− 3.9	− 2.1	92	95	80	89	83	97
9	− 4.7	+ 1.0	− 2.8	− 2.2	− 5.7	− 4.9	+ 3.8	94	76	95	88	61	97
10	− 3.1	− 1.1	− 1.5	− 1.9	− 5.5	− 3.4	1.1	75	85	95	85	70	96
11	− 1.4	+ 2.2	+ 0.6	+ 0.5	− 3.2	− 1.6	4.0	95	74	72	80	61	96
12	− 0.2	3.9	0.8	1.5	− 2.3	− 0.4	3.9	80	57	82	73	53	85
13	+ 0.4	5.8	0.7	2.3	− 1.6	+ 0.2	7.0	84	52	96	77	47	98
14	1.0	5.7	1.5	2.7	− 1.3	0.7	6.2	84	52	96	77	50	97
15	2.6	7.6	2.0	4.1	0.0	1.2	8.0	67	48	89	68	45	96
16	1.4	3.5	1.9	2.3	− 1.9	1.1	4.0	100	86	95	**94**	80	100
17	2.2	9.4	3.2	4.9	+ 0.6	1.4	10.2	84	46	95	75	42	96
18	2.6	6.5	1.7	3.6	− 0.8	1.5	7.3	79	62	96	79	57	98
19	1.5	4.4	1.6	2.5	− 2.0	1.2	5.6	96	76	95	89	68	97
20	2.8	8.1	1.8	4.2	− 0.4	1.6	9.3	72	49	87	69	46	90
21	2.0	6.5	2.8	3.8	− 0.9	+ 1.8	7.2	90	64	84	79	60	92
22	+ 2.2	1.0	0.2	1.1	− 3.6	− 0.2	6.1	97	83	95	92	46	98
23	− 0.8	4.9	1.2	1.8	− 3.0	− 1.3	5.1	76	59	88	74	57	90
24	+ 3.6	3.9	1.8	3.1	− 1.8	+ 1.4	4.3	64	77	98	80	56	98
25	3.3	6.8	4.3	4.8	− 0.2	1.3	8.2	49	45	85	60	41	87
26	6.7	11.7	6.4	8.2	+ 3.2	5.8	12.8	43	38	82	**54**	36	88
27	4.7	11.3	4.9	7.0	+ 1.9	4.6	12.4	89	42	89	73	40	91
28	6.6	11.7	6.5	8.3	+ 3.1	6.0	13.3	54	42	76	57	38	80
29	6.9	11.0	7.0	8.3	+ 3.0	6.2	12.7	65	33	79	59	31	82
30	+ 8.2	+ 16.3	+ 8.6	+ **11.0**	+ **5.7**	+ 6.4	+ **17.5**	47	29	86	**54**	**27**	92
Mois	+ 1.15	+ 5.63	+ 1.65	+ 2.91	− 1.18	+ 0.46	+ 6.73	79	60	89	76		

MOYENNES DU GRAND SAINT-BERNARD — JUIN 1914

Correction pour réduire la pression atmosphérique du Grand Saint-Bernard à la pesanteur normale : — 0mm.22. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

	Pression atmosphérique : 500mm +				**Fraction de saturation en %**			
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
	mm	mm	mm	mm				
1re décade	61.55	62.10	62.21	61.95	86	68	90	81
2e »	64.99	65.42	65.86	65.43	84	60	90	78
3e »	71.13	71.30	71.93	71.45	67	51	86	68
Mois	65.89	66.27	66.67	66.28	79	60	89	76

Température.

	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne. $\frac{7+1+9}{3}$	Moyenne. $\frac{7+1+2\times 9}{4}$
	°	°	°	°	°
1re décade	— 1.28	+ 2.67	— 1.01	+ 0.13	— 0.16
2e »	+ 1.29	5.71	+ 1.58	2.86	+ 2.54
3e »	4.34	8.51	4.37	5.74	5.40
Mois	+ 1.45	+ 5.63	+ 1.65	+ 2.91	+ 2.60

Dans ce mois l'air a été calme 222 fois sur 1000

Le rapport des vents $\frac{NE}{SW} = \frac{70}{37} = 1.89$

Pluie et neige dans le Val d'Entremont.

Station	Martigny-Ville	Orsières	Bourg-St-Pierre	St-Bernard
Eau en millimètres.....	30.8	38.6	82.3	65.1
Neige en centimètres....	—	—	—	22

LA CINÉTIQUE DES RÉACTIONS PHOTOCHIMIQUES

ET LA

LOI DU RAYONNEMENT

PAR

A. SCHIDLOF

Dans une publication récente[1] nous avons essayé d'établir quelques nouveaux points de vue concernant le mécanisme des réactions photochimiques en partant de l'hypothèse que *pour qu'une réaction photochimique soit endoénergétique il faut et il suffit que le nombre des résonnateurs présents dans le système chimique augmente.* Nous avons supposé en outre que le nombre des résonnateurs est proportionnel au nombre des molécules d'une espèce donnée et que le rapport de proportionnalité est un petit nombre entier, en d'autres termes que certaines molécules qui interviennent dans la réaction sont des résonnateurs.

Ces hypothèses nous ont permis d'expliquer le déplacement de l'équilibre photochimique dû à une variation de la fréquence du rayonnement actif (fait signalé par M. D. Berthelot). De plus, en calculant l'énergie absorbée pour la transformation de 1 molécule-gramme, nous avons obtenu une expression qui se confond, au point de vue expérimental, avec la loi de l'équivalence photochimique énoncée par M. A. Einstein. Pour arriver à ces deux résultats nous avons admis, en ce qui concerne le fonctionnement des résonnateurs, la théorie des quanta d'émission de M. Planck et, pour expliciter nos formules, nous avons dû introduire la loi de rayonnement de Planck.

[1] *Archives*, 1914, t. XXXVII, p. 493.

Dans une note complémentaire[1] nous avons attiré l'attention sur un argument favorable à notre théorie. En partant de la loi du déplacement de Wien, nous avons démontré que l'influence du rayonnement sur l'équilibre photochimique ne saurait être exprimée que par une fonction du rapport $\frac{\nu}{T}$ — ν étant la fréquence et T la température du rayonnement actif — et nous avons ensuite montré que notre théorie est en accord avec ce théorème général.

Depuis lors, nous avons entrevu la possibilité d'obtenir les mêmes résultats par un raisonnement différent permettant de mettre mieux en évidence les liens existant entre notre point de vue et la théorie générale du rayonnement. C'est là le but de la présente publication.

I. *Notions fondamentales*

Dans ce qui suit nous adopterons l'hypothèse énoncée plus haut qui forme la base de cette théorie photochimique. Quant au fonctionnement des résonnateurs nous avons laissé subsister, dans notre premier travail, une certaine indétermination, en mettant le résultat de la théorie électrodynamique de M. Planck sous la forme générale :

$$u = \frac{c^3}{8\pi\nu^2}\,\varrho_\nu + f(\nu) \qquad (1)$$

u = énergie moyenne d'un résonnateur de fréquence propre ν.
c = vitesse de la lumière dans le vide.
ν = fréquence du rayonnement monochromatique actif.
ϱ_ν = densité du rayonnement.
$f(\nu)$ = fonction de la fréquence ν.

Selon le point de vue adopté la fonction $f(\nu)$ est égale à zéro ou à $\frac{h\nu}{2}$[2].

Dans le présent travail nous adopterons la seconde théorie de Planck, en d'autres termes nous poserons :

$$f(\nu) = \frac{h\nu}{2} \qquad (2)$$

[1] *Archives*, t. XXXVIII, p. 31.
[2] Cf. *Archives*, t. XXXVII, p. 499.

Cette seconde théorie, la théorie des quanta d'émission, présente l'avantage de pénétrer plus profondément le mécanisme de l'absorption et de l'émission et d'attribuer aux résonnateurs des propriétés particulières, nécessaires pour l'explication théorique des lois expérimentales du rayonnement noir.

Au moyen de cette théorie, M. Planck a réussi à franchir l'abîme qui semblait séparer la partie électromagnétique de la partie statistique de ses raisonnements[1].

Rappelons, qu'en ce qui concerne les réactions photochimiques, nous avons montré dans notre premier travail que la relation (2) explique d'une part le déplacement de l'équilibre photochimique dû à une variation de la fréquence du rayonnement actif et conduit d'autre part à la loi de l'équivalence photochimique. On n'obtiendrait par contre ni l'un ni l'autre de ces résultats si on acceptait la première théorie de Planck en posant

$$f(\nu) = 0$$

Dans ce qui suit *nous renoncerons à introduire une loi particulière de rayonnement* et nous suivrons ainsi une voie complètement différente de celle que nous avons utilisée antérieurement. Nous chercherons à établir la loi du rayonnement en même temps que la loi de l'équilibre photochimique *en faisant certaines hypothèses, aussi simples que possible, sur la vitesse de réaction des transformations photochimiques.*

II. *Cinétique des transformations photochimiques*

Envisageons une transformation chimique réversible représentée par la formule schématique :

$$A_1 + A_2 + \ldots\ldots \rightleftharpoons A'_1 + A'_2 + \ldots\ldots$$

La réaction représentée par cette formule est *unimoléculaire.* Remarquons de suite que l'introduction d'une réaction unimoléculaire, tout en simplifiant un peu les formules, ne diminue cependant pas la généralité de nos considérations. On peut, en

[1] Planck, *Ann. d. Phys.*, 1912 (4), t. XXXVII, p. 642.

effet, supposer que quelques-unes des molécules, soit du premier soit du second membre de la formule, sont de la même espèce. Le nombre d'espèces de molécules étant supposé quelconque, des réactions plurimoléculaires peuvent alors être envisagées comme des cas particuliers de cette réaction unimoléculaire générale.

Soit v la vitesse avec laquelle la réaction s'opère dans le sens de droite à gauche et v' la vitesse de la réaction inverse. On admet habituellement que la vitesse de réaction est proportionnelle aux concentrations des molécules présentes, c'est-à-dire on pose :

$$\begin{aligned} v &= \varkappa c_1 c_2 \ldots\ldots \\ v' &= \varkappa' c'_1 c'_2 \ldots\ldots \end{aligned} \qquad (3)$$

$c_1 c_2 \ldots\ldots$ étant les concentrations (en volume) des molécules $A_1 A_2 \ldots\ldots$

$c'_1 c'_2 \ldots\ldots$ celles des molécules $A_1' A_2' \ldots\ldots$

$\varkappa$ et $\varkappa'$ sont des facteurs de vitesse qui, d'une manière générale, dépendent de la température et de la pression, c'est-à-dire de *l'état* des molécules présentes.

La condition de l'équilibre thermodynamique, envisagé comme un « équilibre mobile » est :

$$v - v' = 0 \qquad (4)$$

Dans le cas d'une réaction photochimique s'effectuant en présence d'un rayonnement actif, la vitesse de réaction dépendra en outre, pour celles des molécules fonctionnant comme résonnateurs, de l'énergie moyenne des résonnateurs u et de leur fréquence propre ν, u et ν étant les variables d'état d'une espèce donnée de résonnateurs. Nous admettrons donc ce qui suit :

La concentration c_i de toute espèce de molécules fonctionnant comme résonnateurs doit être multipliée par un certain facteur que nous nommerons le facteur de vitesse. Ce facteur est une certaine fonction de l'énergie moyenne u et de la fréquence propre ν des résonnateurs en question.

Or nous avons démontré précédemment[1] que le facteur d'é-

[1] *Archives,* t. XXXVII, p. 31.

quilibre photochimique ne peut dépendre que du rapport $\frac{\nu}{T}$. Le facteur d'équilibre étant, par l'équation (4), égal au rapport des produits des facteurs de vitesse, le même théorème doit s'appliquer à ces derniers[1]. Il résulte alors de la théorie générale du rayonnement (loi du déplacement de Wien[2]) que le facteur de vitesse ne peut être fonction que du rapport $\frac{u}{\nu}$, soit encore du rapport $\frac{\rho_\nu}{\nu^3}$.

En effet, d'après la loi du déplacement de Wien, toute fonction de l'argument $\frac{\nu}{T}$ peut être envisagée comme une fonction du rapport $\frac{\rho_\nu}{\nu^3}$, soit encore d'après les formules (1) et (2) comme une fonction du rapport $\frac{u}{\nu}$.

Quant à l'expression mathématique du facteur de vitesse nous ne pouvons la déterminer que par des hypothèses particulières. Si ces hypothèses sont simples et vraisemblables et si elles conduisent à la loi du rayonnement, vérifiée par l'expérience, il faudra considérer ce fait comme un argument de grande valeur en faveur de la théorie des réactions photochimiques que nous avons formulée.

III. *La loi de Rayleigh et Jeans*

Faisons d'abord complètement abstraction de la propriété des quanta et posons :

$$f(\nu) = 0$$

dans l'équation (1). Cette supposition ne doit nullement impliquer un retour à la première théorie de Planck. Nous entendons

[1] Supposons en effet que les molécules d'une seule espèce soient douées de la faculté de résonnance, le facteur de vitesse est alors proportionnel au facteur d'équilibre photochimique.

[2] Cf. *Archives*, loc. cit., p. 34.

par là simplement que notre théorie est restreinte à des conditions experimentales telles que la quantité $h\nu$ soit petite en comparaison de

$$\frac{c^3}{8\pi\nu^2}\,\rho_\nu$$

Ceci a lieu, comme on sait, quand la densité du rayonnement est très grande (température élevée) et la fréquence suffisamment petite (grande longueur d'onde). Dans ces conditions l'énergie est sensiblement proportionnelle à la densité ρ_ν ce qui simplifie le raisonnement. Par contre le résultat obtenu ne peut pas avoir une signification générale.

Introduisons alors l'hypothèse suivante :

Le facteur de vitesse photochimique est inversement proportionnel à l'énergie moyenne des résonnateurs.

Cette hypothèse paraît assez plausible. D'après ce qu'on sait actuellement sur la constitution des atomes, l'énergie u est due à une espèce d'agitation intérieure produite par le mouvement plus ou moins violent d'un ou de plusieurs électrons. Ce mouvement, tant qu'il subsiste, doit *empêcher* la molécule d'entrer dans une combinaison nouvelle[1].

D'après les considérations tirées de la loi du déplacement de Wien et développées plus haut, l'expression mathématique de notre hypothèse sera :

$$v = \varkappa\, c_1\, c_2 \;\ldots\ldots \left(\frac{A\nu^3}{\rho_\nu}\right)^n$$

$$v' = \varkappa' c'_1 c'_2 \;\ldots\ldots \left(\frac{A\nu_3}{\rho_\nu}\right)^{n'}$$

n étant le nombre des molécules-résonnateurs de fréquence propre ν qui figurent dans le membre gauche de l'équation de la réaction, et n' le nombre de celles qui figurent dans le membre droit.

A est une constante universelle.

[1] Il ne faudrait pas chercher une analogie entre l'effet de cette agitation *intérieure* et l'effet de l'agitation thermique des molécules (force vive du mouvement de progression de la théorie cinétique) qui tout au contraire favorise les réactions en augmentant le nombre des rencontres ayant lieu pendant un temps donné.

Ceci posé, on obtient l'équation d'équilibre :

$$\frac{c_1 c_2 \ldots\ldots}{c'_1 c'_2 \ldots\ldots} = \mathrm{K} \left(\frac{\mathrm{A}\nu^3}{\varrho_\nu} \right)^{n'-n} \tag{5}$$

où K est la constante d'équilibre *thermochimique*, c'est-à-dire celle qui détermine l'équilibre en absence du rayonnement actif et où $n' - n$ est la variation du nombre des résonnateurs qui se produit au cours de la réaction.

Nous avons d'autre part, dans notre premier travail sur cette question, établi la condition thermodynamique générale de l'équilibre photochimique[1] qui s'écrit avec les notations adoptées ici :

$$\log \frac{c_1 c_2 \ldots\ldots}{c'_1 c'_2 \ldots\ldots} = \log \mathrm{K} - (n' - n) \frac{c^3}{8\pi k \nu^2} \int_0^{\mathrm{T}} \frac{\varrho_\nu d\mathrm{T}}{\mathrm{T}^2} + (n' - n) \frac{h\nu}{2k\mathrm{T}} \tag{6}$$

K représente ici la constante d'équilibre thermochimique pour la réaction envisagée, effectuée dans l'obscurité et *à volume constant.*

$$k = \frac{\mathrm{R}}{N} = 1.35 \times 10^{-16}$$

est la première[2] et

$$h = 6.55 \times 10^{-27}$$

la seconde des constantes universelles qui entrent dans la théorie du rayonnement, c la vitesse de la lumière dans le vide.

Dans les conditions particulières qui nous occupent, le troisième terme du second membre de l'équation (6) est négligeable.

En éliminant les concentrations entre les équations (5) et (6) on obtient donc :

$$\log \frac{\mathrm{A}\nu^3}{\varrho_\nu} = - \frac{c^3}{8\pi k \nu^2} \int_0^{\mathrm{T}} \frac{\varrho_\nu d\mathrm{T}}{\mathrm{T}^2}$$

On voit facilement que cette équation est satisfaite si on suppose ϱ_ν proportionnel à la température absolue T, mais dans

[1] Cf. *Archives,* t. XXXVII, p. 505, équ. 11.

[2] La force vive du mouvement de progression d'une molécule monoatomique à la température absolue 1 est, comme l'on sait, égale à $\frac{3k}{2}$.

ces conditions l'intégrale devient infinie à cause de la limite inférieure

$$T = 0$$

Le premier membre de l'équation renferme donc également un terme infiniment grand.

Cela tient au fait que nous avons supposé $h\nu$ négligeable, ce qui n'est rigoureusement vrai que si on pose :

$$h = 0$$

Or la constante A renferme le facteur h, comme nous le montrerons plus loin. Elle est donc supposée nulle et son logarithme égal à $-\infty$. La limite inférieure $T = 0$ ne convient par conséquent pas aux conditions examinées actuellement.

Mais on peut remplacer cette limite par une autre limite quelconque, par exemple par la limite

$$T = 1$$

à condition d'ajouter une certaine constante d'intégration, fonction de ν qui représente la valeur de la fonction intégrée pour $T = 1$. Désignons cette fonction par :

$$\log \frac{A\nu^3}{\rho_{\nu 1}} = -\frac{c^3}{8\pi k\nu^2}\int_0^1 \frac{\rho_\nu dT}{T^2}$$

Il vient :

$$\log \frac{\rho_\nu}{\rho_{\nu 1}} = \frac{c^3}{8\pi k\nu^2}\int_0^T \frac{\rho_\nu dT}{T^2}$$

En dérivant cette expression par rapport à T, on trouve :

$$\frac{1}{\rho_\nu}\frac{d\rho_\nu}{dT} = \frac{c^3}{8\pi k\nu^2}\frac{\rho_\nu}{T^2}$$

D'où l'on tire, en intégrant entre les limites 1 et T

$$\frac{1}{\rho_\nu} - \frac{1}{\rho_{\nu 1}} = \frac{c^3}{8\pi k\nu^2}\left(\frac{1}{T} - 1\right)$$

$\rho_{\nu 1}$ n'étant fonction que de ν (et non de T) on a :

$$\rho_{\nu 1} = \frac{8\pi k\nu^2}{c^3}$$

et par conséquent

$$\rho_\nu = \frac{8\pi k\nu^2}{c^3} T \tag{7}$$

La quantité h (qui entre comme facteur dans la constante A) se trouve donc éliminée, et nous avons montré ainsi que l'hypothèse (5) conduit à une loi de rayonnement bien connue, celle de Rayleigh et de Jeans (équation 7).

Il est à remarquer que toute théorie correcte du rayonnement qui fait complètement abstraction de l'existence des quanta, conduit nécessairement à l'équation (7), mais on sait d'autre part que cette loi est inexacte. En effet cette loi implique que la densité du rayonnement augmente indéfiniment avec la fréquence (suivant une parabole).

Or il résulte de la loi de Stefan [1] que le rayonnement intégral du corps noir est *fini* pour toute température finie, car on a :

$$\int_0^\infty \rho_\nu d\nu = a\mathrm{T}^4 \tag{8}$$

où a est une constante finie, bien connue, le pouvoir émissif spécifique du corps noir. On remarque immédiatement la contradiction manifeste entre les équations (7) et (8).

Plus spécialement, en ce qui concerne l'équilibre photochimique, on remarque que, le coefficient A étant égal à zéro, comme nous l'avons fait observer plus haut, le rayonnement rendrait égal à zéro ou à l'infini le rapport des concentrations.

$$\frac{c_1 c_2 \ldots\ldots}{c'_1 c'_2 \ldots\ldots}$$ [2]

sauf dans le cas particulier

$$n' - n = 0$$

Cette conséquence est inadmissible.

Nous considérons cependant comme un fait favorable à notre théorie qu'elle conduise au moyen d'une hypothèse simple et

[1] Cf. *Archives*, t. XXXVII, p. 497.

[2] Cf. l'équation 5.

vraisemblable, concernant l'influence du rayonnement sur la vitesse de réaction, à la même loi du rayonnement que tout autre raisonnement correct ne faisant pas intervenir les quanta.

IV. *La loi de Wien.*

Dès qu'on tient compte de l'existence des quanta l'hypothèse faite précédemment sur la vitesse de réaction devient inapplicable et ne conduit plus à une loi de rayonnement vérifiée par l'expérience. On conçoit d'ailleurs à priori que cette hypothèse ne tient nullement compte du mécanisme de l'émission qui cependant doit avoir une certaine importance pour la vitesse de réaction. On pourrait essayer de définir cette influence par une hypothèse nouvelle d'un caractère plus ou moins artificiel, mais cela nous amènerait à des calculs d'une utilité très contestable. Nous préférerons donc suivre une autre voie.

Quoique l'hypothèse énoncée plus haut ne soit pas rigoureusement vraie, elle est vérifiée d'une manière approximative, et nous avons reconnu qu'elle présente les mêmes limites de validité que la loi de Rayleigh et Jeans. En d'autres termes le facteur de vitesse est en réalité une autre fonction de l'argument $\frac{\nu^3}{\rho_\nu}$ qui cependant pour des grandes valeurs de ρ_ν doit tendre vers la limite

$$\lim \Phi\left(\frac{\nu^3}{\rho_\nu}\right) = \frac{A\nu^3}{\rho_\nu} \tag{9}$$

A étant une constante universelle.

Cherchons d'abord une seconde valeur limite de la fonction Φ, valeur vers laquelle tend cette fonction pour des petites valeurs de ρ_ν (et des grandes valeurs de ν) c'est-à-dire pour des conditions où

$$\frac{c^3}{8\pi\nu^2}\rho_\nu$$

est négligeable vis-à-vis de $\frac{h\nu}{2}$.

M. W. Wien a établi théoriquement[1] une formule qui se

[1] W. Wien, *Ann. de Phys.*, 1896, t. 58, p. 662.

trouve vérifiée expérimentalement pour les conditions limites que nous venons d'énoncer. Cette formule s'écrit :

$$\rho_\nu = \frac{8\pi h\nu^3}{c^3} e^{-\frac{h\nu}{kT}}$$

Pour ces mêmes conditions limites l'équation (6) devient :

$$\log \frac{c_1 c_2 \ldots\ldots}{c'_1 c'_2 \ldots\ldots} = \log \mathrm{K} + (n' - n) \frac{h\nu}{2k\mathrm{T}}$$

Remplaçons alors la formule (5) par la formule plus générale :

$$\frac{c_1 c_2 \ldots\ldots}{c'_1 c'_2 \ldots\ldots} = \mathrm{K} \Phi \left(\frac{\nu^3}{\rho_\nu}\right)^{n'-n} \qquad (10)$$

On trouve immédiatement :

$$\log \Phi \left(\frac{\nu^3}{\rho_\nu}\right) = \frac{h\nu}{2k\mathrm{T}}$$

De là on obtient, à l'aide de la loi de Wien, la valeur limite cherchée de la fonction Φ :

$$\lim \Phi \left(\frac{\nu^3}{\rho_\nu}\right) = \sqrt{\frac{\mathrm{A}\nu^3}{\rho_\nu}} \qquad (11)$$

La valeur de la constante A est :

$$\mathrm{A} = \frac{8\pi h}{c^3}$$

Cette constante renferme donc bien le facteur h, comme nous l'avons annoncé plus haut.

Les deux valeurs limites (9) et (11) de la fonction Φ permettent de trouver une expression plus générale du facteur de vitesse. La fonction la plus simple qui tende vers ces deux limites est :

$$\Phi \left(\frac{\nu^3}{\rho_\nu}\right) = \frac{\mathrm{A}\nu^3}{\sqrt{\rho_\nu(\rho_\nu + \mathrm{A}\nu^3)}} \qquad (12)$$

Les équations (1) et (2) permettent de remplacer ρ_ν par u et de transformer ainsi

$$\Phi \left(\frac{\nu^3}{\rho_\nu}\right)$$

en une fonction de l'argument $\frac{u}{\nu}$. On trouve facilement :

$$\Phi\left(\frac{\nu^3}{\varrho_\nu}\right) = \Psi\left(\frac{u}{\nu}\right) = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{u}{h\nu} - \frac{1}{2}\right)\left(\frac{u}{h\nu} + \frac{1}{2}\right)}} \qquad (13)$$

On reconnait que la fonction $\Psi\left(\frac{u}{\nu}\right)$ définie par (13) tend vers les deux limites extrêmes :

$$\frac{h\nu}{u}$$

pour les températures élevées,

$$\frac{1}{\sqrt{\frac{u}{h\nu} - \frac{1}{2}}}$$

pour les basses températures.

Cette fonction est donc l'expression la plus simple du facteur de vitesse qui puisse avoir une signification générale.

V. *La loi de Planck*

Il nous reste à montrer qu'en adoptant les expressions (12) ou (13) du facteur de vitesse on obtient effectivement la loi générale du rayonnement.

Admettons que la condition d'équilibre thermodynamique soit exprimée d'une part par l'équation (6) et d'autre part par l'équation (10), en remplaçant dans cette dernière équation la fonction

$$\Phi\left(\frac{\nu^3}{\varrho_\nu}\right)$$

par sa valeur tirée de (12).

On obtient ainsi l'égalité :

$$\log \frac{A\nu^3}{\sqrt{\varrho_\nu(\varrho_\nu + A\nu^3)}} = -\frac{c^3}{8\pi k\nu^2}\int_0^T \frac{\varrho_\nu dT}{T^2} + \frac{h\nu}{2kT}$$

Soit :

$$\log A\nu^3 = \frac{1}{2}\log \varrho_\nu + \frac{1}{2}\log(\varrho_\nu + A\nu^3) - \frac{c^3}{8\pi k\nu^2}\int_0^T \frac{\varrho_\nu dT}{T^2} + \frac{h\nu}{2kT}$$

En dérivant cette expression par rapport à T, en séparant les variables et en posant :

$$A = \frac{8\pi h}{c^3}$$

on obtient :

$$\frac{d\varrho_\nu}{\varrho_\nu\left(\varrho_\nu + \frac{8\pi h\nu^3}{c^3}\right)} = \frac{c^3}{8\pi k\nu^2}\frac{dT}{T^2}$$

L'intégration de cette équation entre les limites ∞ et T fournit :

$$\varrho_\nu = \frac{8\pi h\nu^3}{c^3}\frac{1}{e^{\frac{h\nu}{kT}} - 1} \tag{14}$$

La formule (14) n'est rien d'autre que la loi générale du rayonnement établie par M. Max Planck.

Nous avons ainsi démontré que, dans les raisonnements de notre premier travail, on peut remplacer la loi de Planck par l'une des formules (12) ou (13) exprimant des hypothèses relativement simples quant à l'influence du rayonnement sur la vitesse des réactions photochimiques.

VI. *Résumé et généralisation de la théorie*

Rappelons encore une fois brièvement les résultats de nos considérations.

Nous avons supposé que dans une réaction photochimique le rayonnement influe exclusivement sur celles des molécules présentes qui sont des résonnateurs. Si une pareille molécule passe d'une modification dépourvue de la faculté de résonnance à une modification douée de cette faculté, l'énergie absorbée par la transformation d'une molécule-gramme sera

$$Nu = \frac{Nc^3}{8\pi\nu^2}\varrho_\nu + \frac{Nh\nu}{2} \tag{15}$$

N étant le nombre des molécules contenues dans une molécule-gramme.

Si on admet de plus que le facteur de vitesse des réactions

photochimiques est pour chaque espèce de molécules actives proportionnel à :

$$\Psi\left(\frac{u}{\nu}\right) = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{u}{h\nu} - \frac{1}{2}\right)\left(\frac{u}{h\nu} + \frac{1}{2}\right)}}$$

on obtient d'une part la loi du rayonnement de Planck et d'autre part l'équation de l'équilibre photochimique sous la forme :

$$\frac{c_1 c_2 \ldots\ldots}{c'_1 c'_2 \ldots\ldots} = \mathrm{K}\left(e^{\frac{h\nu}{2k\mathrm{T}}} - e^{-\frac{h\nu}{2k\mathrm{T}}}\right)^{n'-n} \qquad (16)$$

$n' - n$ étant le nombre d'espèces de molécules-résonnateurs qui prennent naissance dans la réaction photochimique envisagée.

Cette théorie est susceptible d'une généralisation qu'il nous importe de signaler. Nous avons admis jusqu'ici que toutes les espèces de résonnateurs ont exactement la même fréquence propre ν_0, que le rayonnement actif est rigoureusement monochromatique (l'intervalle spectral $d\nu$ infiniment petit) et d'une fréquence ν infiniment voisine de ν_0. Ces suppositions, faites pour simplifier les considérations, peuvent être remplacées par d'autres moins particulières et on peut établir sans difficulté une généralisation de l'équation (16) s'appliquant à des conditions moins restrictives.

Nous nous bornons à examiner le cas répondant aux conditions suivantes :

1° La réaction envisagée fait intervenir deux espèces de molécules résonnateurs de fréquences différentes ν_0 et ν'_0. Supposons, par exemple :

$$\nu_0 < \nu'_0$$

Les molécules de fréquence propre ν_0 interviennent dans le membre droit. On a donc dans ce cas particulier :

$$n = n' = 1$$

2° Le rayonnement actif s'étend à un intervalle spectral de grandeur finie $\nu' - \nu$ qui comprend les deux fréquences ν_0 et ν'_0. Si les deux fréquences ν_0 et ν'_0 sont très rapprochées l'une de

l'autre, l'intervalle spectral en question peut être une bande très mince.

L'introduction de ces deux conditions dans les formules précédentes nous conduit à l'expression suivante pour le rapport des concentrations d'équilibre :

$$\frac{c_1 c_2 \ldots\ldots}{c'_1 c'_2 \ldots\ldots} = \mathrm{K} \frac{e^{\frac{h\nu'_0}{2k\mathrm{T}}} - e^{-\frac{h\nu'_0}{2k\mathrm{T}}}}{e^{\frac{h\nu_0}{2k\mathrm{T}}} - e^{-\frac{h\nu_0}{2k\mathrm{T}}}}$$

Limitons-nous au cas des fréquences élevées. Les fonctions exponentielles dont l'exposant est négatif deviennent alors négligeables et le facteur photochimique se réduit à :

$$e^{\frac{h}{2k\mathrm{T}}(\nu'_0 - \nu_0)}$$

Les recherches spectroscopiques ont montré qu'une même molécule est capable de donner un grand nombre de vibrations différentes, contenues dans un très grand intervalle spectral et très voisines les unes des autres (séries spectrales). Il en résulte que si on fait varier la fréquence du rayonnement actif dans des limites suffisamment étendues, la fréquence des vibrations propres des résonnateurs, excitées par le rayonnement, subira des changements discontinus. Si la diffférence $\nu'_0 - \nu_0$ restait constante, la variation de la fréquence de la vibration excitatrice n'aurait aucune influence sur l'équilibre, mais en général cette différence variera d'une certaine façon lorsqu'on fait changer la fréquence du rayonnement actif. Dans ce dernier cas, il y aura un déplacement de l'équilibre photochimique ; mais il est impossible de prévoir le sens de ce déplacement. Une augmentation de la fréquence ν peut produire soit une augmentation, soit une diminution du facteur photochimique.

L'énergie rayonnante absorbée dans les conditions envisagées par la transformation de 1 molécule-gramme est :

$$Nu = \frac{Nh(\nu'_0 - \nu_0)}{2}$$

Cette énergie n'est qu'une fraction de celle demandée par la loi d'Einstein. Elle est nulle pour :

$$\nu'_0 = \nu_0$$

Si à la place de deux espèces de molécules-résonnateurs on en faisait intervenir un nombre quelconque, il serait facile d'établir des formules plus générales, mais la discussion de ces formules ne semble pas présenter de l'intérêt pour le moment. Nous en concluons seulement que les conditions qui se prêtent le mieux à la vérification de notre théorie sont celles pour lesquelles la loi de l'équivalence photochimique s'applique.

VII. *Conclusions*

L'exemple particulier qui précède suffit pour indiquer la possibilité de généraliser cette théorie. Si la théorie était vérifiée dans un seul cas particulier, elle serait probablement assez souple pour servir à interpréter l'ensemble des phénomènes photochimiques. Sa vérification expérimentale présenterait donc certainement un grand intérêt.

Cette étude serait notablement simplifiée si l'on pouvait trouver une réaction photochimique dont la constante thermochimique fut sensiblement indépendante des conditions du système (température et pression). Nous pensons également qu'il serait très important d'étudier systématiquement l'influence de la température et de la fréquence du rayonnement actif sur l'équilibre photochimique. En particulier, il convient d'examiner séparément les deux cas limites des très grandes et des très petites densités de rayonnement.

Il nous semble enfin que, pour arriver à des résultats vraiment concluants, il faudrait opérer autant que possible dans des conditions telles que l'on ait à faire à de vrais états d'équilibre ; il faudrait pour cela que la température de la source du rayonnement fût égale à celle du système chimique.

Genève, le 15 août 1914.
Laboratoire de physique de l'Université.

LE GERANIUM BOHEMICUM L. DANS LES ALPES MARITIMES

NOTES BIOLOGIQUES

PAR

J. BRIQUET

Le *Geranium bohemicum* L. est une espèce annuelle, fort rare en Europe, et qui présente cette particularité très curieuse d'apparaître soudain sur les emplacements abandonnés de charbonnières ou sur les terrains devenus libres par suite d'incendies de forêts.

Jusqu'en 1909, l'aire connue de cette espèce s'étendait de l'Asie Mineure jusqu'à la Scandinavie et à la Suisse occidentale (Valais et Alpes de Morcles). Descendant le 29 juin 1909 du Pic des Quatre-Cantons, au nord de Villars-du-Var (Alpes Maritimes), en compagnie de M. le commandant A. Saint-Yves, nous eûmes la grande surprise de découvrir le *G. bohemicum,* nouveau pour la France, dans la portion récemment incendiée d'une forêt de *Pinus silvestris* et d'*Abies alba*. Cette découverte a fait l'objet, de la part de notre ami M. Cavillier [1], d'une longue note dans laquelle l'auteur discute l'anthracophilie, les caractères morphologiques [2] et l'aire du *G. bohemicum*.

L'an dernier, M. le commandant Saint-Yves nous fit savoir

[1] E. Burnat. Flore des Alpes maritimes. Vol. V, 1re partie : supplément aux quatre premiers volumes par François Cavillier, p. 42-48, et fig. 1 et 2. Genève et Bâle, 1913.

[2] Les caractères distinctifs du *G. bohemicum* étaient si peu connus que cette espèce a encore tout récemment été confondue avec une espèce méditerranéenne voisine, le *G. lanuginosum* Lamk, par le monographe des Géraniacées M. le Dr Knuth [Geraniaceæ, p. 56, in Engler : *Pflanzenreich*, IV, 129 (1912)].

que, dans le courant du mois de juillet, un incendie avait dévoré une partie de la forêt de Mollières, située dans la vallée de la Tinée (Alpes maritimes), à environ six kilomètres au nord de St-Sauveur. Etant donné ce que l'on sait de l'apparition subite du *G. bohemicum* dans les forêts incendiées, il devenait très intéressant de savoir si les circonstances nouvelles imprévues ne permettraient pas de constater une nouvelle apparition de ce *Geranium*.

Nous avons eu le privilège, à la fin d'un voyage en Ligurie dirigé par M. Emile Burnat, de visiter la localité incendiée en compagnie de MM. Saint-Yves et Cavillier, le 18 juin 1914. Pour parcourir plus facilement le terrain incendié, nous remontâmes le vallon (italien) de Mollières d'environ un kilomètre, puis nous entreprîmes l'ascension des contreforts de la Cime de Giraud au moyen des sentiers commodes et ombragés de l'administration forestière. Arrivés à environ 1500 mètres d'altitude, nous poursuivîmes en revenant vers le sud, à flanc de coteau, jusqu'à ce que nous eûmes atteint le point culminant de la région ravagée par l'incendie de 1913. Non seulement l'exploitation des bois utilisables avait commencé sur une grande échelle, mais encore on avait semé du seigle sur le terrain fumé, et le développement de la céréale, qui atteignait presque la hauteur d'un homme, promettait une abondante récolte. Après avoir dépassé cette zone exploitée, nous arrivâmes sur un terrain incendié vierge, et là, à environ 1400 mètres d'altitude, à quelques pas de la frontière italienne, mais cependant sur territoire français, nous tombâmes sur de magnifiques colonies de *Geranium bohemicum*, en fleurs et en fruits !

Cette découverte, extrêmement intéressante par les considérations d'ordre écologique qui l'ont amorcée, nous ramène à la question soulevée à nouveau par M. Cavillier : Quelles sont les causes de l'apparition subite de ce rarissime *Geranium* à l'endroit et au moment précis où les conditions écologiques nécessaires viennent d'être accidentellement réalisées ?

Les recherches de M. Lundström [1] ont montré que chaque

[1] A. N. Lundström. Die Verbreitung der Samen bei *Geranium bohemicum* L. [Bot. Centralbl., XLIX, p. 202-204 et 236-238 (1892)].

semence du *G. bohemicum* reste incluse, du moins un certain temps, dans un carpelle surmonté de la portion correspondante de la colonne stylaire courbée en crochet un peu hélicoïdal. La semence est donc pourvue d'un appareil qui doit faciliter la dissémination par le moyen des animaux. Aussi l'auteur considère-t-il comme processus normal probable la dissémination par l'intermédiaire des lièvres et des oiseaux. A l'appui de cette dernière hypothèse, M. Lundström cite l'observation, faite par M. G. Kolthoff, que les endroits incendiés des forêts sont des points de rendez-vous favoris des oiseaux [1]. En revanche, il n'y aurait pas lieu d'admettre que les semences du *G. bohemicum* passent de longues périodes d'attente dans les forêts jusqu'à ce qu'un incendie détermine l'apparition de circonstances favorables à la germination et au développement de la plante, et cela d'autant moins que l'incendie doit détruire toute vie organique.

On ne saurait nier que les méricarpes du *G. bohemicum* ne soient construits jusqu'à un certain point « en vue » d'une dissémination zoochore. Mais cette constatation ne suffit pas à expliquer l'apparition subite du *G. bohemicum* en 1909 au Pic des Quatre-Cantons et en 1914 dans la forêt de Mollières. Excluons d'abord les lièvres, dont les habitudes très sédentaires s'opposent à un charriage à grande distance. Quant aux oiseaux, il faut beaucoup d'imagination pour admettre qu'ils aient pu voler de la Suisse occidentale aux Alpes Maritimes pour aller déposer les semences du *Geranium bohemicum* à l'endroit et au moment précis où, au Pic des Quatre-Cantons, une forêt venait de brûler ! Admettons à la rigueur que le *Geranium* ait existé aux environs de Villars-du-Var et ait échappé aux observateurs, bien que cette espèce grandiflore aux pétales roses soit très apparente. Il n'en resterait pas moins bien difficile de prêter aux oiseaux la complaisance d'un transport en 1913 du *Geranium*, du Pic des Quatre-Cantons (vallée du Var) à la forêt de Mollières (vallée de la Tinée), soit environ 14 kilomètres à vol d'oiseau, au moment précis où les circonstances favorables à la germination y sont réalisées. Le *G. bohemicum* ne devrait-il

[1] Ce fait nous est confirmé par M. le Dr Carl, conservateur au Musée d'Histoire naturelle de Genève.

pas être beaucoup plus fréquent qu'il ne l'est, dans un pays où l'art du charbonnier s'exerce dans toutes les vallées, si les oiseaux jouaient un rôle important dans la dissémination de ses graines ?

Que l'incendie détruise toute vie organique, comme le croit M. Lundström, c'est ce qu'aucun observateur des forêts et des maquis dans le midi de l'Europe ne pourra admettre. Dans la partie incendiée de la forêt de Mollières, beaucoup d'arbustes repoussaient par la base, au-dessous des branches carbonisées. Une foule de plantes diverses occupaient déjà le terrain rendu libre l'automne précédent ; et parmi celle-ci, il n'y avait pas que des annuelles, dont les semences ont pu être apportées par le vent, mais des vivaces, en particulier des *Festuca* cespiteux, qui avaient persisté malgré le feu. D'ailleurs, dans les parties denses des pineraies, le sous-bois frutescent est nul ou rare, de sorte que l'incendie fait peu sentir son action à la surface même du sol, et qu'une foule de semences enfoncées à une très faible profondeur restent indemnes.

Nous avouons que l'explication rejetée par M. Lundström nous paraît au contraire beaucoup plus plausible. Dans cette hypothèse, *les graines du* G. bohemicum *préexisteraient le plus souvent aux incendies et attendraient des conditions favorables pour germer. La grande rareté du* G. bohemicum *serait due à la fois à la nécessité de cette préexistence des semences, à des conditions spéciales de germination et à l'anthracophilie de l'espèce à l'état spontané.* Cette hypothèse est fortement étayée par les expériences de M. E. Almquist [1]. Ce botaniste a en effet montré que pendant les douze premiers mois, il n'y a qu'un faible pourcent de semences du *G. bohemicum* qui germent et dont les plantules arrivent à un plein développement. Dans l'eau ou dans un milieu humide, à la température du laboratoire, M. Almquist n'a pas réussi à obtenir de germination. Il y est arrivé par contre en quelques jours, pour un grand nombre de semences, à une température de 35°-45°, et pour presque toutes à une température de 45°-50°. Même après échauffement d'une

[1] E. Almquist. Biologiska Studier öfver *Geranium bohemicum* L. (*Botan. Notiser,* ann. 1899, p. 81-85).

minute dans l'eau à 100°, quelques semences ont encore normalement germé. Ces expériences montrent qu'une température relativement élevée est nécessaire à la germination. Or, tant au Pic des Quatre-Cantons qu'à la forêt de Mollières, l'exposition (1400-1500 m. d'altitude) est au S.-W. ; le soleil donnait en plein sur le terrain dénudé par l'incendie ; le sol couvert de poudre de charbon absorbait intensément la chaleur grâce à sa couleur noire. Les considérations physiologiques réclamées par les expériences de M. Almquist sont donc bien remplies.

L'hypothèse de la persistance des graines près de la surface du sol pendant des périodes prolongées a cependant un corollaire important : *le pouvoir germinatif des graines du* G. bohemicum *doit être de durée considérable,* ce qui est assez rare chez les plantes annuelles. Cependant, on sait que certaines herbes annuelles ne germent qu'au bout de 4 à 7 ans et conservent pendant plusieurs années leur pouvoir germinatif *(Euphorbia Cyparissias),* que certaines Graminées annuelles ou bisannuelles conservent ce même pouvoir pendant une cinquantaine d'années. On aurait même obtenu la germination d'une Euphorbiacée annuelle, le *Mercurialis annua,* au moyen de graines extraites de tombeaux gallo-romains. Les conditions (intrinsèques et extrinsèques) de survie de ces dernières graines sont évidemment très différentes de celles dans lesquelles sont placées à l'état naturel les semences du *G. bohemicum.* Mais les faits relatés ci-dessus laissent la porte ouverte à notre hypothèse. Il n'y a que l'expérience qui puisse renseigner à ce sujet. Nous venons de pratiquer des semis de *G. bohemicum* avec des semences âgées de plusieurs années. et rendrons compte ultérieurement des résultats obtenus.

Un mot en terminant, sur l'anthracophilie du *Geranium bohemicum.*

M. Cavillier a attiré l'attention sur le fait que des cultures de *G. bohemicum* réussissent parfaitement dans les jardins botaniques sans addition de charbon. C'est exact. Mais il ne faut pas oublier que la terre employée dans les jardins pour ces cultures est fortement fumée, additionnée de terreau, de terre de bruyère et de débris organiques qui, surtout en l'absence d'une

concurrence de la part d'autres végétaux, constituent un important élément de compensation. Dans la nature, l'anthracophilie du *G. bohemicum* a pu se développer spontanément, même sans tenir compte de l'activité de l'homme dans les charbonnières. La foudre a provoqué des incendies de forêts depuis que la terre existe, et ces incendies sont spécialement fréquents dans les forêts d'essences résineuses, là précisément où croît le *G. bohemicum.*

* * *

Deux mois se sont écoulés depuis la rédaction des lignes qui précèdent, ce qui nous permet de rendre compte des expériences faites sur des semences âgées de *Geranium bohemicum.*

Nous avons semé en faible quantité des semences provenant des environs de Morcles (Alpes vaudoises, Suisse) et récoltées :

1° Le 15 août 1880, par M. Aug. Schmidely.

2° Le 5 août 1878, par M. Henri Jaccard.

Les premières étaient donc âgées de 34 ans et les secondes de 36 ans. Le semis a été pratiqué en pots remplis de terre franche, mélangée à de la terre de bruyère, du terreau et du gravier fin. Les pots ont été placés dans des couches où ils sont restés du 15 juillet au 11 septembre 1914, exposés au soleil, avec la température estivale relativement élevée dont le Jardin botanique de Genève a joui pendant la plus grande partie de cette période. En outre, on a fait avec les graines des semis comparatifs sur terre sans charbon et additionnée de charbon.

Le résultat de ces deux expériences est le suivant :

Pour les graines âgées de 38, comme celles âgées de 36 ans, un tiers a complètement germé au bout de 14 à 21 jours et a donné de vigoureuses plantules, chez lesquelles, au 11 septembre, de nombreuses feuilles basilaires se sont développées avec un commencement de tige florifère. En outre, un second tiers se montre en voie de germination à des degrés divers. Le dernier tiers n'avait pas encore bougé au 11 septembre. Les semences placées dans le milieu anthracique ont commencé à germer 8 à 15 jours avant celles placées dans le milieu non anthracique ; les plantules ont poussé beaucoup plus vite et sont plus vigoureuses.

Un détail qui montre la résistance de ces graines à certains agents est qu'elles étaient empruntées à des échantillons d'herbier qui avaient baigné dans l'alcool avec sublimé corrosif en dissolution avant d'être insérées dans l'herbier, soit en 1878 et en 1880.

Ainsi se trouve démontrée, pour les semences du *G. bohemicum*, la capacité de conserver leur pouvoir germinatif pendant au moins 36 ans et très probablement pendant beaucoup plus longtemps encore.

On peut donc résumer, d'après les recherches de nos prédécesseurs et les nôtres, les causes de l'apparition subite du *G. bohemicum* dans les milieux anthraciques, comme suit :

1° *Les graines du* G. bohemicum *peuvent être transportées à distance par le plumage des oiseaux.*

2° *Les graines du* G. bohemicum *ont un pouvoir germinatif dont la durée est considérable, durée que l'expérience a montré être d'au moins 36 ans.*

3° *La germination ne s'effectue normalement que dans les expositions où le sol est longuement réchauffé par le soleil. Les expositions ombragées et fraîches entravent ou empêchent la germination. La chaleur communiquée au sol par un incendie ou une charbonnière peut être une cause supplémentaire de germination très rapide pour les semences restées indemnes, quand celles-ci préexistent dans la localité incendiée ou exploitée.*

4° *Le milieu anthracique agit doublement :*

a) *En augmentant la capacité d'absorption de calorique du sol noirci.*

b) *En agissant comme fumure.*

Dans le milieu anthracique, la germination s'effectue plus facilement et plus vite, le développement des plantes est plus rapide, celles-ci sont plus vigoureuses.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AUX

FORTIFICATIONS DE SAINT-MAURICE

PENDANT LES MOIS DE

juin à novembre 1913

(ÉTÉ ET AUTOMNE 1913)

OBSERVATIONS DIVERSES

Juin 1913

Brouillard. — *Brouillard pendant une partie de la journée :* le 20 à Lavey ; le 6 à Dailly ; les 6, 20, 21, 22 et 26 à l'Aiguille.

Orages : les 18, 24 et 28.

Juillet 1913

Brouillard. — *Brouillard pendant une partie de la journée :* les 7, 8 et 15 à Dailly ; les 7, 15 et 31 à l'Aiguille.

Orage : le 30.

Août 1913

Brouillard. — *Brouillard pendant une partie de la journée :* les 12 et 20 à Savatan ; le 6 à Dailly et à l'Aiguille.

Orages : les 19 et 29.

Septembre 1913

Brouillard. — *Brouillard pendant une partie de la journée :* les 26 et 27 à Lavey : les 7, 14, 17, 26 et 27 à Dailly ; les 7, 15 et 17 à l'Aiguille.

Fœhn : le 30 aux quatre stations.

Orage : le 5.

Octobre 1913

Brouillard. — *Brouillard pendant une partie de la journée :* les 14 et 16 à Dailly ; les 5, 14 et 30 à l'Aiguille.

Fœhn : du 7 au 8, du 21 au 22, du 27 au 28 aux quatre stations.

Novembre 1913

Brouillard. — *Brouillard pendant une partie de la journée :* le 29 à Dailly ; les 6 et 14 à l'Aiguille.

Neige sur le sol : les 7 et 8 et du 24 au 29 à Dailly ; les 7 et 8, du 14 au 16 et du 24 au 29 à l'Aiguille.

Fœhn : du 31 octobre au 1 novembre et du 10 au 12 aux quatre stations.

Orage : le 13.

MOIS DE JUIN 1913

Jours du mois	Baromètre Hauteur moyenne		Thermomètre Température moyenne		Hygromèt. Fraction de saturation moyenne		Nébulosité moyenne			Pluie et Neige (hauteur mesurée)							
										Lavey		Savatan		Dailly		Aiguille	
	Savatan	Dailly	Savatan	Dailly	Savatan	Dailly	Lavey	Savatan	Dailly	Pluie	Neige	Pluie	Neige	Pluie	Neige	Pluie	Neige
	mm.	mm.	0	0	%	%				mm.	cm.	mm.	cm.	mm.	cm.	mm.	cm.
1	**703.4**	658.9	+17.0	+12.3	64	66	6	8	8	....	....	1.1	....	0.1	....	0.2	....
2	704.2	660.1	18.9	**16.8**	66	28	3	3	5	....	....	....	....	....	....	....	....
3	706.5	661.9	18.3	15.6	72	**20**	3	4	8	....	....	....	....	....	....	....	....
4	706.1	661.5	15.1	12.2	85	93	6	9	9	1.5	....	2.5	....	2.2	....	1.9	....
5	705.9	660.9	11.1	10.2	79	76	5	8	8	2.3	....	2.5	....	3.2	....	3.0	....
6	707.3	661.4	11.3	7.4	76	83	8	9	9	2.0	....	2.5	....	2.7	....	2.5	....
7	709.3	662.5	12.0	8.5	55	14	2	1	6	....	....	....	....	....	....	....	....
8	708.4	662.2	11.5	12.6	57	28	6	0	0	....	....	....	....	....	....	....	....
9	708.3	662.5	15.0	12.9	63	44	6	3	7	....	....	....	....	....	....	....	....
10	707.6	662.8	17.2	13.8	55	36	1	2	2	....	....	....	....	....	....	....	....
11	708.1	662.6	16.5	12.5	56	43	4	3	4	....	....	....	....	....	....	....	....
12	708.2	662.8	16.4	12.4	65	52	8	10	8	....	....	....	....	....	....	....	....
13	708.2	663.2	16.5	13.4	61	47	1	0	3	....	....	....	....	....	....	....	....
14	708.7	663.3	16.7	13.5	62	14	0	0	0	....	....	....	....	....	....	....	....
15	709.1	664.0	17.3	16.0	64	36	1	0	3	....	....	....	....	....	....	....	....
16	708.1	663.9	19.6	16.7	58	35	1	0	2	....	....	....	....	....	....	....	....
17	707.2	652.7	**19.8**	16.1	58	45	2	3	6	12.0	....	10.0	....	7.0	....	6.9	....
18	706.5	651.5	17.5	15.3	70	57	1	4	5	8.9	....	9.8	....	10.9	....	9.7	....
19	706.5	661.8	15.1	11.9	85	77	9	7	9	18.0	....	19.8	....	21.2	....	17.6	....
20	706.2	660.6	12.1	9.0	98	100	10	10	10	17.3	....	19.5	....	24.2	....	19.1	....
21	705.9	660.1	11.7	7.6	65	47	9	9	9	5.6	....	5.5	....	5.8	....	6.2	....
22	707.5	661.7	10.4	6.5	81	88	8	8	8	0.6	....	0.6	....	1.1	....	1.4	....
23	707.5	662.1	14.5	10.6	56	43	3	3	1	....	....	....	....	....	....	....	....
24	706.8	661.2	15.8	13.7	74	39	8	8	9	14.6	....	13.5	....	15.7	....	16.2	....
25	704.6	**658.6**	**9.1**	**6.2**	**99**	95	10	10	10	**22.1**	....	**24.4**	....	**29.6**	....	**24.7**	....
26	707.0	661.5	10.7	6.4	71	74	8	9	9	0.3	....	0.5	....	0.7	....	1.1	....
27	708.1	661.9	11.8	8.4	71	51	7	8	7	7.2	....	8.0	....	9.6	....	9.4	....
28	710.0	664.1	11.8	8.3	66	59	8	10	9	0.9	....	....	....	1.2	....	1.4	....
29	**711.8**	**665.7**	13.2	11.1	71	40	9	8	9	0.6	....	0.6	....	0.5	....	0.1	....
30	709.5	663.7	+14.5	+10.7	**49**	36	1	1	3	....	....	....	....	....	....	....	....
Mois	707.41	662.06	+14.71	+11.62	68	51	5.2	5.3	6.2	113.0	....	120.8	....	135.7	....	121.7	....

MOYENNES DU MOIS DE JUIN 1913

Pression atmosphérique

	Savatan 7 h. m. mm.	1 h. s. mm.	9 h. s. mm.	Moyenne mm.	Dailly 7 h. m. mm.	1 h. s. mm.	9 h. s. mm.	Moyenne mm.
1re décade ...	706.77	706.26	707.10	706 71	661 48	661.31	661.65	661.48
2me » ...	707.89	707.22	707.91	707.67	662.96	662.40	662.57	662 64
3me » ...	708.02	707.77	707.77	707.85	661.96	662.06	662.19	662.07
Mois..	707 56	707.08	707.59	707.41	662.13	661.92	662.13	662.06

Température

	7 h. m. °	1 h. s. °	9 h. s. °	Moyenne °	Minim. moyen °	Maxim. moyen °
Savatan						
1re décade ...	+12.32	+17 66	+15 14	+15.04	+10.5	+21.8
2me » ...	14.06	19.86	16.32	16 75	12.8	22.5
3me » ...	10.16	14.31	12.58	12.35	8 3	16.2
Mois..	+12.18	+17.28	+14.68	+14.71	+10.5	+20 2
Dailly						
1re décade ...	+10.56	+14.14	+11.97	+12.22	+ 8.4	+15.7
2me » ..	12.11	16.04	12.88	13.68	10.4	17.4
3me » ...	7.22	10 97	8 72	8.97	5.6	12.1
Mois..	+ 9.96	+13.72	+11.19	+11.62	+ 8.1	+15.1

Fraction de saturation en %

	Savatan 7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	Dailly 7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
1re décade ...	80	59	63	67	55	49	51	52
2me » ...	79	57	67	68	56	45	61	54
3me » ...	79	62	70	70	68	50	55	58
Mois..	79	59	67	68	60	48	56	54

Nébulosité

	Lavey 7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	Savatan 7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	Dailly 7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
1re décade ...	5.4	3.8	2 7	4 0	4.8	5.1	4.3	4.7	6.5	6.6	5.4	6.2
2me » ...	3.5	3.9	5.5	4.3	2.7	3.4	5.2	3.8	4.0	5.4	5.9	5.1
3me » ..	7.4	7.1	7.2	7.2	7.0	7.6	7.5	7.4	7.4	7 3	7.4	7.4
Mois..	5.4	4.9	5.1	5.2	4.8	5.4	5.7	5.3	6.0	6.4	6.2	6.2

MOIS DE JUILLET 1913

Jours du mois	Baromètre Hauteur moyenne Savatan	Baromètre Dailly	Thermomètre Température moyenne Savatan	Thermomètre Dailly	Hygromèt. Fraction de saturation moyenne Savatan	Hygromèt. Dailly	Nébulosité moyenne Lavey	Nébulosité Savatan	Nébulosité Dailly	Pluie et Neige (hauteur mesurée) Lavey Pluie	Lavey Neige	Savatan Pluie	Savatan Neige	Dailly Pluie	Dailly Neige	Aiguille Pluie	Aiguille Neige
	mm.	mm.	°	°	%	%				mm.	cm.	mm.	cm	mm.	cm.	mm.	cm.
1	707.8	661.7	+14.3	+10.6	58	15	0	1	0	....	....	....	....	....	....	....	....
2	705.7	660.4	15.5	11.7	56	38	3	3	2	....	....	....	....	....	....	....	....
3	702.6	657.5	13.9	9.2	66	65	5	7	5	....	....	....	....	....	....	....	....
4	702.3	656.7	15.5	11.0	64	55	6	7	7	....	....	....	....	....	....	....	....
5	702.3	656.8	14.4	10.9	68	56	5	7	7	6.0	....	4.8	....	5.2	....	5.4	....
6	**700.2**	**654.6**	13.2	10.6	88	68	10	10	9	8.5	....	3.9	....	2.1	....	2.8	....
7	701.0	655.0	12.1	8.0	77	94	8	9	9	0.6	....	1.8	....	1.4	....	1.3	....
8	703.1	656.0	11.1	**6.3**	75	82	7	8	10	13.2	....	17.2	....	18.8	....	18.9	....
9	**708.3**	661.5	10.6	7.2	62	40	7	6	7	....	....	....	....	0.2	....	0.2	....
10	702.3	656.4	10.3	6.4	83	70	10	10	10	3.8	....	4.5	....	4.1	....	4.6	....
11	702.0	655.7	10.9	7.2	79	60	10	9	9	3.4	....	3.0	....	4.0	....	4.1	....
12	705.4	659.8	14.0	9.8	66	52	3	4	3	....	....	....	....	....	....	....	....
13	706.8	662.1	17.8	15.0	52	29	0	0	0	....	....	....	....	....	....	....	....
14	704.6	660.9	**20.7**	**17.9**	**44**	**24**	5	5	4	0.5	....	....	....	0.5	....	0.7	....
15	703.3	658.6	13.3	10.0	92	82	9	9	10	10.5	....	8.1	....	4.9	....	4.0	....
16	704.3	658.8	12.1	8.9	77	64	8	7	8	15.0	....	15.0	....	18.3	....	18.7	....
17	707.7	661.3	11.7	9.0	86	71	7	9	7	0.7	....	1.0	....	1.0	....	1.1	....
18	**708.3**	**662.5**	14.3	11.7	78	65	5	6	5	5.5	....	5.6	....	6.7	....	6.9	....
19	707.0	661.5	14.7	12.6	77	69	8	8	8	12.2	....	11.2	....	12.4	....	12.2	....
20	705.2	660.1	13.7	10.8	79	66	8	7	7	4.0	....	1.4	....	1.4	....	1.3	....
21	706.7	661.0	13.1	10.5	53	35	1	0	1	....	....	....	....	....	....	....	....
22	705.1	660.5	16.7	11.2	18	31	6	7	4	8.5	....	8.2	....	8.5	....	8.2	....
23	702.7	657.2	10.9	8.2	90	88	10	10	10	12.6	....	14.0	....	11.4	....	11.5	....
24	702.6	655.8	**10.1**	6.5	88	82	10	9	9	2.4	....	3.0	....	4.6	....	4.7	....
25	703.2	656.8	14.3	11.4	62	50	1	1	0	....	....	....	....	....	....	....	....
26	705.1	660.0	17.1	14.1	67	47	4	6	3	....	....	....	....	0.2	....	0.2	....
27	707.0	662.4	18.0	15.6	65	30	4	3	5	1.3	....	....	....	0.4	....	0.3	....
28	706.5	662.4	18.1	16.4	63	33	5	5	7	....	....	....	....	0.2	....	0.1	....
29	701.5	660.2	20.3	16.2	48	26	1	0	2	....	....	....	....	....	....	....	....
30	702.3	657.9	17.8	15.6	61	19	5	3	4	**17.2**	....	**18.8**	....	**24.6**	....	**22.7**	....
31	702.5	658.0	+ 13.1	+11.0	100	**97**	10	10	9	9.5	....	10.5	....	11.5	....	11.2	....
Mois	704.46	659.00	+ 14.32	+11.02	70	57	5.9	6.0	5.9	135.4	....	132.0	..	142.1	....	141.1	....

MOYENNES DU MOIS DE JUILLET 1913

Pression atmosphérique

	Savatan				Dailly			
	7 h. m. mm.	1 h. s. mm.	9 h. s. mm.	Moyenne mm.	7 h. m. mm.	1 h. s. mm.	9 h. s. mm.	Moyenne mm.
1re décade ...	703.79	703.31	703.53	703.54	657.75	657.54	657.36	657.55
2me » ...	705.31	705.13	705.94	705.46	659 93	659.96	660.45	660.11
3me » ...	704.55	704.24	704.36	704.38	659.44	659.29	659.20	659.31
Mois..	704.55	704.22	704.62	704.46	659 05	658.94	659.01	659.00

Température

	Savatan					
	7 h. m. °	1 h. s. °	9 h. s. °	Moyenne °	Minim. moyen °	Maxim. moyen °
1re décade ...	+10.78	+15 42	+13.08	+13.09	+ 8.9	+16.3
2me » ...	11.90	17.12	13.92	14.31	9.4	18.1
3me » ...	12.78	17.73	15.80	15.44	10.9	19.7
Mois..	+11.85	+16.77	+14.32	+14.32	+ 9.7	+18.1
	Dailly					
1re décade ...	+ 7.74	+10.80	+ 9.03	+ 9.19	+ 6.4	+12.2
2me » ...	9.62	13.61	10.64	11 29	8 0	15.0
3me » ...	10.65	14.49	12.15	12.43	9.3	16.3
Mois..	+ 9.38	+13.02	+10.66	+11.02	+ 7.6	+14.6

Fraction de saturation en %

	Savatan				Dailly			
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
1re décade ...	82	63	64	70	67	58	59	61
2me » ...	85	64	70	73	60	54	61	58
3me » ...	78	64	62	68	58	46	52	52
Mois..	81	63	65	70	61	52	59	57

Nébulosité

	Lavey				Savatan				Dailly			
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenn
1re décade ...	6.4	6.0	5.9	6.1	6.8	6.9	6.5	6.8	6.9	6.7	6.6	6.7
2me » ...	5.8	6.0	7.1	6.3	5.3	6.9	6.9	6.4	6.1	6.0	6.6	6 2
3me » ...	4.6	6.0	4.8	5.2	4.8	5.5	4.3	4.9	4.4	5.7	4.6	4.9
Mois..	5.6	6.0	6.0	5.9	5.6	6.4	6.0	6.0	5 7	6.1	5.9	5.9

MOIS D'AOUT 1913

Jours du mois	Baromètre Hauteur moyenne Savatan	Baromètre Hauteur moyenne Dailly	Thermomètre Température moyenne Savatan	Thermomètre Température moyenne Dailly	Hygromèt. Fraction de saturation moyenne Savatan	Hygromèt. Fraction de saturation moyenne Dailly	Nébulosité moyenne Lavey	Nébulosité moyenne Savatan	Nébulosité moyenne Dailly	Pluie et Neige (hauteur mesurée) Lavey Pluie	Lavey Neige	Savatan Pluie	Savatan Neige	Dailly Pluie	Dailly Neige	Aiguille Pluie	Aiguille Neige
	mm.	mm.	°	°	%	%				mm.	cm.	mm.	cm.	mm.	cm.	mm.	cm.
1	703.4	659.1	+16.0	+12.9	81	64	1	4	6	....	....	....	....	....	....	....	....
2	705.2	660.3	16.9	13.4	66	56	1	1	1	....	....	....	....	....	....	....	....
3	704.1	659.5	17.3	15.2	71	45	0	1	2	....	....	....	....	....	....	....	....
4	703.6	659.2	18.9	16.1	59	35	1	1	1	....	....	....	....	....	....	....	....
5	702.5	658.6	19.4	16.0	52	**24**	2	5	4	2.0	....	2.3	....	1.9	....	1.7	....
6	**701.6**	**656.8**	14.3	11.1	85	**79**	8	10	10	16.5	....	17.8	....	22.9	....	22.4	....
7	703.5	657.9	14.1	9.7	61	60	6	9	6	....	....	....	....	0.4	....	0.3	....
8	702.7	657.7	13.5	9.9	60	40	4	8	6	0.1	....	....	....	0.2	....	0.1	....
9	702.3	657.2	13.9	8.4	74	56	8	8	9	6.6	....	1.7	....	6.0	....	5.8	....
10	706.0	660.1	12.7	9.1	71	55	6	5	8	0.2	....	....	....	....	....	....	....
11	706.8	661.2	13.2	11.0	55	63	5	7	5	1.4	....	2.6	....	2.2	....	2.4	....
12	705.9	660.9	13.7	10.9	97	72	10	9	9	3.0	....	3.0	....	3.2	....	3.4	....
13	707.0	661.1	13.9	10.1	76	72	10	9	9	2.1	....	2.4	....	2.9	....	2.7	....
14	705.3	659.8	**11.3**	**8.3**	80	69	10	10	9	6.6	....	6.2	....	6.9	....	6.7	....
15	704.0	659.3	11.1	9.5	60	52	3	4	6	....	....	....	....	....	....	....	....
16	704.5	658.7	13.8	10.3	63	43	1	1	1	....	....	....	....	....	....	....	....
17	705.2	659.8	13.8	12.2	60	31	0	0	0	....	....	....	....	....	....	....	....
18	705.3	660.8	16.6	13.8	65	28	6	4	6	11.0	....	5.2	....	5.3	....	5.1	....
19	705.1	660.4	17.8	13.9	80	53	8	7	7	**23.7**	....	25.2	....	21.9	....	22.5	....
20	705.0	660.0	14.0	11.9	100	65	10	10	9	19.7	....	**29.4**	....	**25.4**	....	**24.3**	....
21	707.3	661.8	15.5	11.6	73	74	5	5	7	....	....	0.2	....	....	....	....	....
22	709.0	663.3	15.3	12.6	64	49	0	0	1	....	....	....	....	....	....	....	....
23	706.9	661.4	17.5	15.5	64	38	0	3	1	....	....	....	....	....	....	....	....
24	707.2	662.8	19.0	17.2	**50**	33	5	4	6	....	....	....	....	....	....	....	....
25	709.7	664.5	18.9	15.1	71	62	5	2	3	....	....	....	....	....	....	....	....
26	**710.0**	**664.9**	18.1	16.3	81	43	3	4	0	....	....	....	....	....	....	....	....
27	707.8	662.9	18.9	**18.9**	79	25	3	3	2	....	....	....	....	....	....	....	....
28	705.6	661.9	**20.1**	18.8	71	26	3	0	1	....	....	....	....	....	....	....	....
29	702.3	658.5	19.6	17.7	73	31	6	6	7	4.8	....	5.3	....	6.0	....	7.2	....
30	702.0	657.6	17.1	15.0	77	35	7	6	5	....	....	0.9	....	1.5	....	1.6	....
31	705.8	658.1	+17.4	+16.2	71	54	4	8	1	....	....	....	....	....	....	....	....
Mois	705.25	660.16	+16.02	+13.19	71	49	4.6	5.0	4.8	97.7	...	105.2	....	109.7	....	109.5	...

MOYENNES DU MOIS D'AOUT 1913

Pression atmosphérique.

	Savatan				Dailly			
	7 h. m. mm.	1 h. s. mm.	9 h. s. mm.	Moyenne mm.	7 h. m. mm.	1 h. s. mm.	9 h. s. mm.	Moyenne mm.
1re décade ...	703.30	703.39	703.81	703.50	658.50	658.53	658.85	658.63
2me » ..	705.53	705.15	705.56	705.41	660.25	660.17	660.17	660.20
3me » ...	706.85	706.45	706.74	706.68	661.52	661.44	661.58	661.51
Mois..	705.28	705.04	705.41	705.25	660.14	660.09	660.25	660.16

Température.

	Savatan					
	7 h. m. o	1 h. s. o	9 h. s. o	Moyenne o	Minim. moyen o	Maxim. moyen o
1re décade . .	+13.22	+17.87	+15.99	+15.69	+11.3	+19.5
2me » ...	12.04	16 16	14.48	14.23	11.0	17.9
3me » ...	15.04	20.42	18.40	17.95	13.6	22.3
Mois..	+13.48	+18.22	+16 32	+16.02	+12.0	+20.0
	Dailly					
1re décade ...	+10.67	+14.40	+11.50	+12.19	+ 9 2	+15.7
2me » ...	9.92	12.85	10 80	11.19	8.6	14.9
3me » ...	13.49	19.47	14.77	15.91	12.3	20 6
Mois..	+11.43	+15.70	+12.43	+13 19	+10.1	+17.2

Fraction de saturation en %

	Savatan				Dailly			
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
1re décade ...	82	63	59	68	60	48	46	51
2me » ...	82	69	71	74	57	48	59	55
3me » ...	80	64	67	70	53	35	41	43
Mois...	81	65	66	71	56	43	49	49

Nébulosité.

	Lavey				Savatan				Dailly			
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
1re décade ...	3.8	3.8	3.6	3.7	5.0	5.5	5.0	5.2	5.3	5.1	5.3	5.3
2me » ...	7.1	5.7	6.3	6.4	6.4	6.0	6.0	6.1	7.0	6.0	5.8	6.1
3me » ...	4.5	3.1	3.6	3.7	3.3	5.3	2.7	3.7	3.2	3.8	2.5	3.3
Mois..	5 1	4.2	4.5	4.6	4.9	5.6	4.5	5.0	5.1	4.9	4 5	4.8

MOIS DE SEPTEMBRE 1913

Jours du mois	Baromètre Hauteur moyenne		Thermomètre Température moyenne		Hygromèt. Fraction de saturation moyenne		Nébulosité moyenne			Pluie et Neige (hauteur mesurée)							
										Lavey		Savatan		Dailly		Aiguille	
	Savatan	Dailly	Savatan	Dailly	Savatan	Dailly	Lavey	Savatan	Dailly	Pluie	Neige	Pluie	Neige	Pluie	Neige	Pluie	Neige
	mm.	mm.	°	°	%	%				mm.	cm.	mm.	cm.	mm.	cm.	mm.	cm.
1	706.3	659.1	+15.3	+13.2	76	55	3	6	7	5.6	....	3.1	....	3.6	....	3.2	....
2	705.9	660.5	17.7	16.1	62	32	2	1	2	....	....	....	....	....	....	....	....
3	705.3	660.8	**18.3**	**17.1**	56	**22**	1	3	2	....	....	....	....	....	....	....	....
4	704.8	660.0	**18.3**	17.0	65	37	1	6	3	9.2	....	4.0	....	3.5	....	3.6	....
5	706.2	661.0	14.6	11.4	95	88	10	10	10	15.6	....	14.9	....	18.2	....	16.5	....
6	706.4	661.2	15.5	12.7	71	65	1	9	2	....	....	....	....	....	....	....	....
7	706.3	660.7	15.4	12.0	79	64	7	7	6	4.5	....	4.0	....	3.4	....	4.1	....
8	707.3	661.6	15.3	14.0	91	68	10	10	9	3.2	....	5.0	....	3.7	....	3.6	....
9	706.5	661.6	15.3	13.0	84	68	9	9	9	9.2	....	3.6	....	2.3	....	2.4	....
10	705.8	659.6	10.5	**7.2**	**98**	**97**	6	7	8	**23.0**	....	**23.4**	....	**27.2**	....	**22.5**	....
11	705.2	658.9	11.6	8.8	67	77	0	0	1	....	....	....	....	....	....	....	....
12	702.2	656.5	12.8	11.7	75	40	3	0	3	2.2	....	3.2	....	3.5	....	3.8	....
13	697.7	652.9	13.3	11.4	96	59	10	9	8	1.9	....	1.2	....	1.5	....	1.7	....
14	**695.7**	**650.7**	11.0	11.2	76	61	8	7	6	6.8	....	7.2	....	9.8	....	8.8	....
15	699.1	653.0	**9.6**	**7.2**	91	85	10	7	8	3.0	....	1.2	....	2.5	....	2.5	....
16	698.7	652.4	11.2	8.6	73	62	7	7	7	2.4	....	2.1	....	2.1	....	2.3	....
17	698.4	652.0	10.9	7.8	79	77	10	9	7	3.0	....	3.9	....	6.6	....	6.9	....
18	701.1	655.0	11.1	8.6	85	75	7	6	5	3.8	....	4.8	....	1.8	....	1.3	....
19	705.1	658.9	11.5	8.1	66	58	5	3	1	....	....	....	....	....	....	....	....
20	705.9	659.8	9.9	7.6	84	51	6	7	7	6.5	....	5.3	....	6.4	....	5.9	....
21	**708.4**	661.3	9.9	7.3	67	63	2	2	7	....	....	....	....	0.5	....	0.9	....
22	708.3	**662.8**	10.7	8.2	71	44	3	4	3	....	....	....	....	....	....	....	....
23	706.2	660.3	10.9	8.1	72	44	1	3	3	....	....	....	....	....	....	....	....
24	706.3	659.9	10.8	11.2	82	31	0	1	0	....	....	....	....	....	....	....	....
25	706.8	662.3	12.7	12.1	68	30	0	0	0	....	....	....	....	....	....	....	....
26	705.5	660.6	12.6	12.2	80	48	4	5	3	....	....	....	....	....	....	....	....
27	705.1	660.0	12.7	10.0	83	68	7	4	1	....	....	....	....	....	....	....	....
28	705.6	660.1	12.2	10.7	87	34	3	3	2	....	....	....	....	....	....	....	....
29	704.6	659.3	10.5	10.1	51	30	2	0	4	....	....	....	....	....	....	....	....
30	700.0	655.5	+14.2	+10.8	**49**	23	4	5	5	....	....	....	....	....	....	....	....
Mois	701.22	658.62	+12.98	+10.84	76	55	4.8	5.1	1.7	99.9	....	90.2	....	96.6	....	90.0	....

MOYENNES DU MOIS DE SEPTEMBRE 1913

Pression atmosphérique

	Savatan				Dailly			
	7 h. m. mm.	1 h. s. mm.	9 h. s. mm.	Moyenne mm.	7 h. m. mm.	1 h. s. mm.	9 h. s. mm.	Moyenne mm.
1re décade ...	706.14	705.79	706.29	706.07	660.71	660.72	660.49	660.64
2me » ...	700.95	700.70	701 06	700.90	655.07	655.10	654.90	655.02
3me » ...	705.99	705.25	705.81	705.69	660.12	660.01	660.49	660 21
Mois..	704.36	703.91	704.39	704 22	658.63	658.61	658.63	658.62

Température

	Savatan					
	7 h. m. 0	1 h. s. 0	9 h. s. 0	Moyenne 0	Minim. moyen 0	Maxim. moyen 0
1re décade ...	+14.18	+17.62	+15.12	+15.64	+12.7	+19.3
2me » ...	9.41	13.84	11.54	11.60	7.4	14.8
3me » ...	9.40	13.78	11.96	11.71	7.7	15.9
Mois..	+11.00	+15.08	+12.87	+12.98	+ 9.3	+16.7
	Dailly					
1re décade ...	+12.29	+15.28	+12.55	+13.37	+10.8	+18.2
2me » ...	7.27	10.75	9.26	9.09	6.3	12.5
3me » ...	7.44	13.10	9.65	10.06	6.9	14.5
Mois..	+ 9.00	+13.04	+10.49	+10.84	+ 8.0	+15.1

Fraction de saturation en %

	Savatan				Dailly			
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
1re décade ...	82	73	79	78	65	48	66	60
2me » ...	91	73	75	80	77	55	62	65
3me » ...	76	64	73	71	52	32	41	42
Mois ..	83	70	76	76	65	45	56	55

Nébulosité

	Lavey				Savatan				Dailly			
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
1re décade ...	6.1	5.4	4.3	5.3	6.9	7.7	5.8	6 8	5.3	7.1	5.0	5.8
2me » ...	5.0	7.7	7.1	6.6	4.7	7 1	5.0	5.6	4.9	6.2	5.5	5.6
3me » ...	3.3	1.8	2.4	2.6	3.3	4.1	1.2	2.9	2.5	3.6	2.5	2.8
Mois..	4.8	5.0	4.6	4.8	5.0	6.3	4.0	5.1	4.2	5.6	4.3	4.7

MOIS D'OCTOBRE 1913

Jours du mois	Baromètre Hauteur moyenne Savatan	Baromètre Hauteur moyenne Dailly	Thermomètre Température moyenne Savatan	Thermomètre Température moyenne Dailly	Hygromèt. Fraction de saturation moyenne Savatan	Hygromèt. Fraction de saturation moyenne Dailly	Nébulosité moyenne Lavey	Nébulosité moyenne Savatan	Nébulosité moyenne Dailly	Pluie et Neige (hauteur mesurée) Lavey Pluie	Lavey Neige	Savatan Pluie	Savatan Neige	Dailly Pluie	Dailly Neige	Aiguille Pluie	Aiguille Neige
	mm.	mm	°	°	%	%				mm.	cm.	mm.	cm.	mm.	cm.	mm.	cm.
1	700.8	656.3	+11.9	+10.1	77	33	2	3	2	....	....	....	....	....	....	....	....
2	705.0	659.3	11.7	10.0	89	25	6	6	4	....	....	....	....	....	....	....	....
3	706.1	660.9	12.5	11.2	77	25	9	6	7	....	....	....	....	....	....	....	....
4	701.4	656.2	11.3	9.3	**98**	53	10	10	10	3.2	....	3.9	....	1.7	....	4.2	....
5	698.5	653.3	10.3	7.8	96	**91**	10	10	10	2.3	....	3.3	....	2.2	....	3.3	....
6	699.4	654.0	10.8	8.4	83	57	9	8	9	1.2	....	1.2	....	6.0	....	2.1	....
7	699.2	654.7	14.1	11.9	59	31	7	8	7	....	....	....	....	....	....	....	....
8	697.8	653.4	12.1	12.3	80	44	10	7	10	**15.6**	....	**14.6**	....	**15.2**	....	**15.3**	....
9	703.9	658.1	9.5	7.4	69	46	1	2	1	....	....	....	....	....	....	....	....
10	704.8	661.6	9.8	11.5	72	28	1	0	3	....	....	....	....	....	....	....	....
11	707.3	663.6	10.7	9.6	78	16	5	5	5	0.3	....	0.5	....	2.0	....	1.2	....
12	710.6	664.7	11.4	7.9	70	54	0	2	1	....	....	....	....	....	....	....	....
13	710.8	665.3	9.5	6.6	67	61	0	1	0	....	....	....	....	....	....	....	....
14	**711.7**	**665.1**	**7.2**	**3.9**	87	89	1	5	7	....	....	....	....	....	....	....	....
15	708.5	661.9	8.6	7.5	80	30	6	8	2	0.4	....	....	....	1.7	....	1.4	....
16	708.6	662.5	9.0	7.3	86	73	6	5	4	....	....	....	....	....	....	....	....
17	708.1	662.3	8.1	7.7	81	51	0	0	0	....	....	....	....	....	....	....	....
18	707.9	661.9	8.3	10.8	83	11	0	0	0	....	....	....	....	....	....	....	....
19	705.5	660.3	8.7	9.2	63	12	0	0	0	....	....	....	....	....	....	....	....
20	705.1	659.1	9.1	9.5	58	15	0	0	0	....	....	....	....	....	....	....	....
21	701.9	656.4	10.9	10.9	47	**9**	5	0	1	....	....	....	....	....	....	....	....
22	699.2	653.8	11.6	11.3	44	18	1	6	2	1.2	....	2.2	....	....	....	....	....
23	706.2	660.2	10.6	9.9	77	27	8	5	1	....	....	....	....	....	....	....	....
24	709.9	663.9	13.0	12.5	47	22	4	4	3	....	....	....	....	....	....	....	....
25	707.6	663.3	15.9	14.0	40	15	0	2	0	....	....	....	....	....	....	....	....
26	701.7	658.4	13.9	**14.2**	58	12	5	5	6	....	....	....	....	....	....	....	....
27	702.3	657.8	13.9	12.0	55	19	3	2	6	....	....	....	....	....	....	....	....
28	696.8	652.9	**18.1**	13.6	**34**	17	5	6	6	....	....	....	....	....	....	....	....
29	**695.1**	**651.3**	15.4	10.1	52	13	5	8	10	8.0	....	8.4	....	9.6	....	8.6	....
30	699.9	654.5	11.1	7.7	74	73	6	5	9	....	....	0.4	....	....	....	....	....
31	705.2	660.0	+10.9	+ 8.0	66	54	1	0	3	....	....	....	....	....	....	....	....
Mois	704.18	658.94	+11.38	+ 9.81	69	38	4.3	4.2	4.2	32.2	....	34.5	....	41.4	....	36.1	....

MOYENNES DU MOIS D'OCTOBRE 1913

Pression atmosphérique.

	Savatan				Dailly			
	7 h. m. mm.	1 h. s. mm.	9 h. s. mm.	Moyenne mm.	7 h. m. mm.	1 h. s. mm.	9 h. s. mm.	Moyenne mm.
1re décade ...	701.63	701.32	702.11	701.69	656.49	656.50	657.35	656.78
2me » ...	708 54	708.05	708 61	708.40	662.72	662.55	662.82	662.69
3me » ...	702.56	702.66	702.62	702.61	657.28	657.36	657.85	657.50
Mois..	704.19	703.97	704.39	704.18	658 78	658.76	659.29	658.94

Température.

	Savatan					
	7 h. m. °	1 h. s. °	9 h. s. °	Moyenne °	Minim. moyen °	Maxim. moyen °
1re décade ...	+ 9.98	+13.18	+11.04	+11.40	+ 7.5	+14.4
2me » ...	6.82	11.02	9 32	9.05	5.3	11.9
3me » ...	11.47	14.91	14.02	13.47	8.8	17.1
Mois..	+ 9.49	+13.10	+11.54	+11.38	+ 7.3	+14.5

	Dailly					
1re décade ...	+ 8.57	+11.84	+ 9 56	+ 9.99	+ 6.3	+12.7
2me » ...	6.18	11.01	6.83	8.01	4.7	14.2
3me » ...	9.96	13.31	10.59	11.29	7 8	14 9
Mois..	+ 8 29	+12.09	+ 9.05	+ 9.81	+ 6.3	+14.0

Fraction de saturation en %

	Savatan				Dailly			
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
1re décade ...	79	80	81	80	39	40	51	43
2me » ...	82	69	74	75	50	32	50	44
3me » ...	60	56	46	54	32	21	30	28
Mois..	73	68	67	69	40	31	43	38

Nébulosité.

	Lavey				Savatan				Dailly			
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
1re décade ...	7.1	6.5	5.9	6.5	7.2	6.4	4.4	6.0	6.3	6.7	6.2	6.4
2me » ...	1.2	2.6	2.8	2.2	1.9	3.2	2.8	2 6	0.8	1 4	3.8	2.0
3me » ...	6.5	3.6	2.4	4.2	5.3	3.9	2.8	4.0	5.0	4 7	3.0	4.3
Mois..	5.0	4.2	3.7	4.3	4.8	4.5	3.3	4.2	4 1	4.3	4.3	4.2

MOIS DE NOVEMBRE 1913

Jours du mois	Baromètre Hauteur moyenne Savatan	Baromètre Hauteur moyenne Dailly	Thermomètre Température moyenne Savatan	Thermomètre Température moyenne Dailly	Hygromèt. Fraction de saturation moyenne Savatan	Hygromèt. Fraction de saturation moyenne Dailly	Nébulosité moyenne Lavey	Nébulosité moyenne Savatan	Nébulosité moyenne Dailly	Pluie et Neige (hauteur mesurée) Lavey Pluie	Lavey Neige	Savatan Pluie	Savatan Neige	Dailly Pluie	Dailly Neige	Aiguille Pluie	Aiguille Neige
	mm.	mm.	°	°	%	%				mm.	cm.	mm.	cm.	mm.	cm.	mm.	cm.
1	705.3	660.4	+**14.8**	+ 8.7	47	22	7	4	8	4.4	....	4.0	....	4.2	....	9.0	....
2	708.8	662.8	11.8	8.7	63	52	2	1	6	....	....	....	....	....	....	....	....
3	708.8	662.6	10.5	8.2	55	42	7	5	3	....	....	....	....	....	....	....	....
4	704.7	659.2	10.0	8.0	67	47	6	10	8	1.0	....	....	....	1.2	....	1.2	....
5	699.2	655.0	6.9	7.3	86	59	6	8	9	15.3	....	15.5	....	13.2	....	12.4	....
6	698.6	652.5	6.2	2.9	70	56	9	6	6	8.2	....	10.0	....	5.1	6	9.6	12
7	697.3	650.9	3.9	0.6	92	80	9	8	10	4.3	....	3.2	....	2.5	3	4.3	6
8	703.4	657.0	4.9	1.7	71	54	6	6	6	1.0	....	0.6	....	1.6	....	0.8	....
9	702.7	657.5	7.9	6.4	75	61	5	4	4	....	....	....	....	0.2	....	0.2	....
10	702.1	656.3	11.3	8.4	53	27	7	7	7	....	....	....	....	....	....	....	....
11	700.6	656.2	13.9	8.8	**40**	24	8	8	9	....	....	....	....	....	....	....	....
12	698.7	653.2	12.5	**9.5**	69	35	10	9	10	17.5	....	15.7	....	15.8	....	11.2	....
13	**694.4**	**649.5**	5.9	3.8	88	72	10	9	10	**32.5**	....	**34.0**	....	**34.8**	....	28.0	4
14	698.2	651.2	6.1	2.1	83	64	10	10	10	3.5	....	3.6	....	3.3	....	3.9	2
15	701.9	655.3	5.7	2.0	76	56	9	10	9	1.8	....	1.2	....	0.7	....	1.5	1
16	707.7	661.4	6.3	3.6	82	56	10	10	10	1.9	....	1.4	....	1.0	....	1.6	....
17	713.0	665.6	6.7	4.0	88	59	10	9	9	....	....	....	....	0.2	....	0.7	....
18	713.0	666.2	8.1	6.3	70	53	3	3	4	....	....	....	....	....	....	....	....
19	**713.7**	**667.2**	7.9	5.2	71	67	6	4	5	....	....	....	....	....	....	....	....
20	713.4	666.2	6.5	5.8	58	26	0	0	0	....	....	....	....	....	....	....	....
21	710.1	662.9	6.0	7.0	57	**11**	4	2	3	....	....	....	....	....	....	....	....
22	708.7	661.7	8.7	5.5	65	21	5	4	5	....	....	....	....	....	....	....	....
23	706.4	658.8	5.8	+ 4.0	91	76	10	9	8	6.7	....	8.8	....	5.8	1	10.0	8
24	704.6	657.8	2.8	0.0	100	**99**	10	10	10	26.8	....	27.0	....	27.7	**23**	**30.4**	**30**
25	710.6	662.9	**2.5**	− **0.6**	97	**99**	9	10	9	0.3	....	0.7	....	0.4	1	1.1	1
26	712.8	664.9	3.7	+ 0.5	77	73	5	4	5	....	....	....	....	....	....	....	....
27	713.3	665.3	2.9	1.9	74	46	8	3	9	1.1	....	3.2	....	3.2	1	4.1	3
28	712.9	664.8	4.3	3.2	90	83	9	7	8	1.9	....	2.1	....	2.2	....	2.1	.
29	713.3	666.1	6.3	3.5	80	74	4	3	4	....	....	....	....	....	....	....	....
30	713.2	666.4	+ 5.1	+ 7.1	61	13	0	0	0	....	....	....	....	....	....	....	....
Mois	706.38	659.93	+ 7.29	+ 4.81	75	53	6.8	6.2	6.8	131.2	....	131.0	....	123.1	35	132.1	67

MOYENNES DU MOIS DE NOVEMBRE 1913

Pression atmosphérique

	Savatan				Dailly			
	7 h. m. mm.	1 h. s. mm.	9 h. s. mm.	Moyenne mm.	7 h. m. mm.	1 h. s. mm.	9 h. s. mm.	Moyenne mm.
1re décade ...	703.31	703 06	702.89	703.09	657.61	657.35	657.30	657.42
2me » ...	705.30	705.20	705 88	705.46	658.91	659 15	659.58	659.21
3me » ...	710.58	710.34	710.86	710.59	663.08	663.01	663.40	663.16
Mois..	706.39	706.20	706 54	706.38	659.86	659.83	660.09	659.93

Température

	7 h. m. °	1 h. s. °	9 h. s. °	Moyenne °	Minim. moyen °	Maxim. moyen °
Savatan						
1re décade ...	+ 7.48	+11.12	+ 8.78	+ 9.13	+ 5.0	+12.0
2me » ...	6.84	9.02	7.98	7.95	4.9	9.4
3me » ...	3.74	6.06	4.62	4 81	1 9	6.1
Mois..	+ 6.02	+ 8.73	+ 7.13	+ 7.29	+ 3.9	+ 9.2
Dailly						
1re décade ...	+ 4.81	+ 7.90	+ 5.57	+ 6.09	+ 3.6	+ 9.1
2me » ...	4.18	6.22	4.94	5.11	2 9	7 4
3me » ...	2.23	4.66	2.79	3.23	1.0	5.6
Mois..	+ 3.74	+ 6.26	+ 4.43	+ 4.81	+ 2.5	+ 7.4

Fraction de saturation en %

	Savatan				Dailly			
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
1re décade ...	80	57	67	68	57	40	53	50
2me » ...	72	70	75	72	58	43	53	51
3me » ...	79	77	82	79	63	57	59	60
Mois..	77	68	75	73	59	46	55	53

Nébulosité

	Lavey				Savatan				Dailly			
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
1re décade ...	7.3	5.7	6.5	6.5	6.2	5 9	5.8	6.0	7.4	6.8	5.9	6.7
2me » ...	8 4	7.3	7.1	7 6	8.1	7.7	6.1	7.3	8.1	7.6	7.2	7.6
3me » ...	6 8	6.8	5.6	6.4	5.7	6.7	3.6	5.2	6 5	7.0	4.9	6.1
Mois..	7.5	6.6	6.4	6.8	6.7	6.8	5.2	6.2	7.3	7.1	6.0	6.8

COMPTE RENDU DES SÉANCES

DE LA

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE ET D'HISTOIRE NATURELLE DE GENÈVE

Séance du 2 juillet 1914

Th. Tommasina. Relativité et pesanteur. — Ch. Margot. Sur un procédé de purification de mercure. — E. Cardoso. Eléments critiques et phases coexistantes des gaz permanents (2me partie). — A. Schidlof et A. Karpowicz. Sur l'évaporation des sphérules de mercure maintenues en suspension dans un milieu gazeux. — A. Schidlof. Essai d'une théorie des équilibres photochimiques. — J. Briquet. Geranium bohemicum dans les Alpes Maritimes.

M. Th. Tommasina. — *Relativité et Pesanteur.* — Cinquante-sixième Note *sur la physique de la gravitation universelle.*

M. Einstein vient de compléter par un nouveau Mémoire *sur le problème de la relativité*[1] ce qu'il avait énoncé à propos du potentiel gravitique dans son travail *Bases physiques d'une théorie de la gravitation*[2] cité dans ma 50me Note. L'auteur distingue actuellement deux théories de la relativité, une «étroite» et l'autre «large». C'est la deuxième qu'il préfère tout en reconnaissant qu'elle n'a presque pas été confirmée jusqu'à présent par l'expérience, de façon que la plupart de ses confrères ont une attitude sceptique ou hostile à son égard. L'auteur fait même la remarque qu'on peut très bien être partisan de la théorie étroite, sans reconnaître le bien-fondé de la théorie large. Mais il ajoute que «la théorie de la relativité dans le sens strict ne fournit aucunement un moyen de déduire du néant des lois naturelles auparavant inconnues». Peut-on demander cela à une théorie physique?

[1] *Scientia*, Vol. XV, N. XXXV—3, I—V—1914, p. 139.

[2] *Archives*, T. XXXVII, 1914, p. 1-12.

«D'après cette théorie, dit-il, c'est, en dernière analyse, à l'énergie que revient l'attribut de l'inertie. C'est à l'énergie et non à la masse inerte des points matériels que l'on doit attribuer l'indestructibilité; le principe de la conservation de la masse se confond donc avec le principe de la conservation de l'énergie».

Ce n'est pas le principe de relativité qui a amené ces conclusions, que je défends depuis une quinzaine d'années, c'est le principe fondamental de la physique que toute énergie est inhérente à la matière en mouvement. Pourtant, M. Einstein s'exprime mal en disant qu'à la masse inerte des points matériels on ne doit pas attribuer l'indestructibilité, car cela est contradictoire avec la première conclusion que l'inertie est un attribut de l'énergie, et avec la troisième que la conservation de la masse implique la conservation de l'énergie. En effet, les points matériels, en tant qu'éléments cinétiques de la matière, ne sont pas des corps pondérables, n'étant ni des atomes chimiques, ni des ions, ni même des électrons, aussi leur masse n'est ni une masse pesante, ni une masse purement inerte (passive), mais une masse énergétique (active); ils sont donc les vrais éléments indestructibles soit de l'énergie, soit de la matière. Les points matériels, tels que je les ai conçus et définis, étant, comme éléments dynamo-cinétiques intégrants de l'électron, des masses-unités, sont les vrais quanta absolus matériels qui possèdent le quantum absolu ultime d'énergie. Ainsi, en dernière analyse, comme il n'y a point d'énergie sans masse, il n'y a point, non plus, de masse sans énergie, et, l'énergie et l'inertie sont deux énergies opposées, ce sont l'action et la réaction. Conséquemment comme c'est là, chez ces points matériels que réside toute l'énergie, à celle qu'ils possèdent s'ajoutant celle rayonnante qu'ils transmettent, il faut conclure que la masse pesante d'un système est nécessairement déterminée par l'énergie du champ qui agit sur l'énergie du système, celle-ci constituant son inertie par rapport au même champ. Contrairement à ce que dit M. Einstein, nulle masse pesante ne saurait donc être attribuée à un système isolé, suspendu dans le vide, selon son expression; d'ailleurs il n'existe nulle part un tel système isolé d'une manière absolue. Tous les systèmes naturels sont liés entre eux et tous sont en mouvement.

A propos de la théorie de la relativité dans le sens large, M. Einstein dit: «Je reconnus d'abord que dans une pareille théorie, il faut assigner à la gravitation universelle un rôle tout à fait fondamental. Car de ce qui précède il résulte déjà que tout processus physique, par le fait que des grandeurs d'énergie lui correspondent, engendre nécessairement aussi un champ de gravitation». Or, il n'en est pas ainsi; tout processus physique n'engendre point, mais modifie le champ de gravitation préexistant, par rap-

port aux systèmes à l'égard desquels il joue le rôle d'écran. Puis, M. Einstein ajoute : « D'autre part, le fait d'expérience que, dans un champ de gravitation, tous les corps tombent de la même manière, porte à penser que dans un tel champ les processus physiques s'effectuent exactement comme ils s'effectueraient relativement à un système de référence accéléré ». En réalité, l'accélération, qui n'est autre que l'effet de l'addition de pressions successives, modifie seulement le champ gravifique, c'est pourquoi elle ne peut changer d'un corps à l'autre, ceux-ci n'étant que transportés avec les modifications du champ, donc de l'éther. Car, d'après ma théorie, l'éther par ses fonctions n'est autre que le milieu électromagnétique des radiations et par ses pressions le champ gravifique lui-même. Or, comme cet éther, qui élimine l'ancien éther de même que l'éther de Lorentz, est constitué exclusivement d'électrons et comme ce sont les points matériels, tels que je les ai définis, qui forment le système dynamo-cinétique qu'on appelle électron, il en résulte que ces *points-quanta* peuvent servir à relier les quanta de Planck à la théorie électronique, établissant physiquement celle-ci sur l'atomisation de l'énergie. En effet, l'électron, système de points-quanta constituant un élément de charge électrique et de masse électro-magnétique, en tant qu'élément vibrant de l'éther radiant et gravifique, devient alors le résonateur de Planck, dont le minimum énergétique de vibration est son quantum.

M. Einstein conclut ainsi : « En prenant pour base cette conception (de l'équivalence), je parvins à ce résultat que la vitesse de la lumière ne doit pas être regardée comme indépendante du potentiel de gravitation. Le principe de la constance de la vitesse de la lumière est donc inconciliable avec l'hypothèse de l'équivalence ; par conséquent on ne peut pas faire accorder avec elle la théorie de la relativité dans le sens strict. Je fus conduit à regarder la théorie de la relativité dans le sens strict comme ne convenant qu'à des domaines à l'intérieur desquels il n'y a pas de différences perceptibles de potentiel de gravitation. La théorie de la relativité dans le sens strict devait être remplacée par une théorie plus générale qui la comprît comme cas limite ». M. Einstein admet donc à présent que la vitesse de la lumière et le potentiel de gravitation ne sont pas indépendants, mais il croit que c'est la première qui dépend du second, auquel il assigne un rôle fondamental, tandis que d'après ma théorie le rôle fondamental est réciproque et appartient aux deux simultanément et inséparablement. Cela suffit pour établir que ce qu'Einstein appelle le champ gravitique est le champ où se propagent les pressions multiples du rayonnement, auxquelles il faut appliquer la méthode statistique, la gravitation étant l'effet mécanique de la résultante. M. Einstein admet pour-

tant que les grandeurs $g_{\mu\nu}$, fonctions de $x_1 \ldots x_4$, qui servent à la représentation du champ de gravitation, ont une influence sur tous les processus physiques, et qu'inversément les processus physiques déterminent nécessairement le champ de gravitation, c'est-à-dire les grandeurs $g_{\mu\nu}$; puis il conclut en ces termes : « La marche de tous les processus est régie par les grandeurs $g_{\mu\nu}$ qui, de leur côté, *sont déterminées par les processus physiques de tout le reste de l'univers* ». Or, cela ne peut avoir lieu qu'à la condition que le potentiel gravitique soit fonction du rayonnement universel, dont le mécanisme relie tous les systèmes de mondes. Mais, ce fait est la base fondamentale de ma théorie de la gravitation, laquelle est donc la seule théorie physico-mécanique qui réponde aux désidérata théoriques et analytiques de M. Einstein.

Ch. Margot. — *Sur un procédé de purification du mercure.*

Après une description succincte des diverses méthodes de purification du mercure auxquelles on a généralement recours dans les laboratoires de physique et de chimie, M. Margot présente un dispositif très simple, constitué d'un manchon en fer auquel sont adaptés des ajutages d'aspiration d'air permettant de faire en quelques heures la purification d'une dizaine de kilogrammes de mercure souillé par un barbotage d'air à la température de 150° environ.

E. Cardoso. — *Eléments critiques et phases coexistantes des gaz permanents* (IIe partie).

L'auteur rend compte des mesures qu'il a effectué sur O_2 et N_2 dont il a déterminé les éléments critiques. Il fait ensuite quelques remarques sur le diamètre et l'opalescence critiques des gaz dont la température critique est très basse. En ce qui concerne le diamètre il constate qu'il est rectiligne jusqu'au point critique ce qui ne semble pas être le cas pour le gaz facilement liquéfiable. Il montre que cela n'est pas irréconciliable avec l'hypothèse de l'existence du troisième volume qu'il avait formulé naguère[1] du moment que l'on fait intervenir la notion des états correspondants.

Quant à l'opalescence critique il fait remarquer que les gaz permanents ne semblent pas donner ce phénomène. L'auteur montre que cette particularité peut être expliquée en partie si l'on s'appuie sur la théorie cinétique. En effet, par la discussion de l'équation de Maxwell (répartition des vitesses) il montre qu'à des températures très basses, les vitesses moléculaires deviennent très uniformes. Cette uniformité de vitesses implique *à priori* une uniformité de

[1] *Archives*, XXXIII, 1912.

répartition des molécules dans l'espace ce qui expliquerait l'absence de l'opalescence qui semble due à des différences de densités locales. En prenant la formule de Smoluchowski l'auteur montre qu'on obtient le même résultat qu'auparavant, à la condition toutefois d'introduire la notion d'états correspondants. L'auteur reviendra prochainement sur ces questions théoriques.

A. SCHIDLOF et A. KARPOWICZ. — *Sur l'évaporation des sphérules de mercure maintenues en suspension dans un milieu gazeux.*

Depuis l'été 1913 nous avons mis au point une méthode de détermination de la charge élémentaire, en étudiant la chute et l'ascension d'une petite goutte de mercure entre les plateaux d'un condensateur en acier. Le principe de la méthode et le mode opératoire nous avaient d'ailleurs déjà donné des résultats satisfaisants avec des gouttes d'huile[1]. En utilisant un liquide beaucoup plus dense (mercure) nous avons dû employer une plus grande différence de potentiel (300 volts au lieu de 100). Nous publierons prochainement les résultats complets de nos observations qui semblent confirmer, approximativement du moins, les chiffres publiés antérieurement.

Pour l'instant nous nous contentons d'attirer l'attention sur une particularité curieuse qui a rendu nos expériences plus difficiles, en a diminué la précision et a compliqué nos calculs.

Dès le début des recherches, nous avons observé *que la vitesse de chute d'une goutte de mercure diminue continuellement et indéfiniment.*

En même temps on observe que les sphérules renvoient de moins en moins de lumière et finissent par devenir invisibles dans les conditions d'éclairage et de grossissement dont nous disposons. On constate de plus que la décroissance d'une goutte est ralentie si l'on a soin, entre les observations, d'intercepter le faisceau éclairant, au moyen d'un obturateur.

Parmi les différentes explications qui se présentent à l'esprit, la plus simple et la plus plausible est d'admettre que les gouttelettes de mercure, sous l'action de la lumière, sa volatilisent peu à peu, même si le plateau inférieur du condensateur est déjà recouvert, par endroits, de grosses gouttes de mercure.

La particularité que nous signalons n'a pas été observée par M. Ehrenhaft qui vient de publier ses observations sur des gouttes de mercure[2].

[1] *Comptes rendus,* 1913, t. 156, p. 304.

[2] *Comptes rendus,* 1914, t. 158, p. 1071 ; *Verhandl. der Deutschen Physikal. Ges*, 1913, t. 15, p. 1187 ; *ibid.*, p. 1350 ; *Wien Akademie Ber.*, 1914, t. 123, p. 55.

Nous nous sommes alors demandés si l'explication précédente était la seule possible, et si une modification progressive de la surface des gouttes, dûe à l'oxygène ou à l'humidité de l'air, ne pourrait pas produire les mêmes effets, en diminuant par exemple la mobilité des gouttes.

Pour trancher la question nous avons remplacé l'air que nous avions dans notre condensateur par un gaz inerte (azote) soigneusement desséché par l'anhydride phosphorique. Les résultats ont été exactement les mêmes et n'ont fait que confirmer nos expériences précédentes dans l'air.

Il y a donc sur ce point une contradiction manifeste entre nos observations et celles de M. Ehrenhaft. En comparant de plus près les dispositifs expérimentaux respectifs, nous croyons avoir trouvé la raison de cette divergence.

M. Ehrenhaft produit la pulvérisation du mercure au moyen d'un arc voltaïque, tandis que nous avons employé, dans le même but, un pulvérisateur (méthode de Millikan). Si l'on est à peu près sûr qu'un pulvérisateur en verre ne peut produire de modifications chimiques dans une gouttes de mercure, il n'en est peut-être pas de même d'un arc voltaïque, même si cet arc est produit dans une atmosphère d'azote ou d'anhydride carbonique.

Si notre manière de voir est exacte, les remarques de M. Ehrenhaft, concernant les écarts que présentent ses expériences avec la théorie généralement admise du mouvement brownien dans les gaz, tomberaient par le fait qu'au lieu d'avoir des gouttes de mercure, M. Ehrenhaft aurait eu des sphérules de matière mal définie dont la densité moyenne varierait avec le rayon de la goutte. En outre, cela expliquerait la constatation apparemment paradoxale de M. Ehrenhaft[1] que les particules de plus faible vitesse de chute avaient une plus petite mobilité que les particules de chute plus rapide. Les conséquences numériques tirées de l'application des lois de Stokes-Cunningham perdraient donc leur valeur.

Remarquons cependant que les données calculées d'après les écarts browniens et les valeurs de la différence de potentiel nécessaire pour équilibrer le poids de la goutte ne dépendent pas de la densité moyenne de la goutte et échappent à l'objection précédente. Toutefois on peut se demander, si les observations présentent une précision suffisante pour en tirer la valeur absolue de la charge de l'électron. En outre, il faudrait être certain que tout saut brusque de la différence de potentiel d'équilibre est nécessairement dû à une variation de la *charge* de la sphérule ; il se pourrait fort bien que quelques uns de ces sauts soient dûs à une faible varia-

[1] *Wien. Akademie Ber.*, 1914, t. 123, p. 107.

tion de la *masse* de la goutte. Or dans le mode d'observation adopté par M. Ehrenhaft, les changements de masse, s'ils se produisent, passent ou bien inaperçus, ou bien ils sont traités *à priori* comme des écarts statistiques de la vitesse de chute.

En résumé, si les expériences de M. Ehrenhaft présentent certainement un grand intérêt et méritent une étude approfondie, nous ne pensons pas cependant que dans l'état actuel de cette question, elles puissent être envisagées comme une vérification indiscutable des vues théoriques de ce savant.

A. Schidlof. — *Essai d'une théorie des équilibres photochimiques.*

Le contenu de cette communication a été publié dans cette revue, t. 37, p. 493, 1914, sous le titre : Considérations thermodynamiques sur les équilibres photochimiques.

J. Briquet. — *Le Geranium bohemicum L. dans les Alpes Maritimes* (Voir p. 113).

COMPTE RENDU DES SÉANCES

DE LA

SOCIÉTE VAUDOISE DES SCIENCES NATURELLES

Séance du 1er avril 1914

H. Blanc. Sur les mœurs, la distribution géographique, les ancêtres fossilisés des Singes anthropomorphes. — Maurice Arthus. Sur les intoxications par les venins.

M. H. Blanc, conservateur du Musée zoologique, fait part à la Société de ce que l'on sait aujourd'hui *sur les mœurs, la distribution géographique, les ancêtres fossilisés des Singes anthropomorphes, Gibbon, Orang-outang, Chimpanzé et Gorille.* Puis il présente une jeune femelle de *Gorilla gina* offerte au Musée par M. L. Pelot, un Vaudois qui, depuis plusieurs années, appartient à l'établissement des missions dirigé par M. Haug, résidant à Ngômô, Gabon.

Ce singe africain, tué par M. Champel, un collègue de M. Pelot, le 6 janvier 1913, à 5 kilomètres en aval du Bas-Ogooué, fut cédé à ce dernier qui désirait en faire cadeau au Musée zoologique. Sitôt après la mort, l'animal, qui pesait 67 kg. 500 et mesurait 1 m. 20 de haut, fut photographié assis, et pour en assurer la bonne préparation, M. Pelot prit 55 mesures se rapportant à toutes les parties extérieures du corps, puis la peau et le squelette en furent soigneusement préparés.

Ce spécimen a été naturalisé par M. Küttel, préparateur du Musée, selon les derniers procédés de la taxidermie, ce qui est démontré aux auditeurs à l'aide de projections de clichés qui leur font voir que l'empaillage des animaux destinés aux collections zoologiques a été avantageusement remplacé par un art nouveau qui exige, de celui qui le pratique, des connaissances techniques et anatomiques qui n'étaient point nécessaires autrefois.

Avec les nombreuses mesures prises par M. Pelot, le taxidermiste du Musée a réussi à naturaliser la pièce qu'il avait envoyée dans d'excellentes conditions. De l'atelier est sorti pour être exposé, un sujet aussi intéressant pour les spécialistes qui pratiquent la dermoplastique que pour les naturalistes et un sujet qui diffère aussi des caricatures que l'on peut voir encore aujourd'hui dans certains Musées zoologiques plus importants que celui de Lausanne.

Le squelette du gorille de Ngômô, auquel il ne manquait que quelques cartilages costaux, a trouvé sa place au Musée d'anatomie comparée qui ne possédait de cette espèce que le squelette artificiel d'un exemplaire mâle.

La direction du Musée zoologique cantonal réitère l'expression de sa reconnaissance à M. L. Pelot pour ses deux beaux dons.

M. Maurice Arthus présente une vue d'ensemble sur les recherches expérimentales qu'il a entreprises depuis plusieurs années à Lausanne *sur les intoxications par les venins*, recherches dont les résultats ont été publiés dans les C. R. de l'Académie des Sciences et dans les Archives internationales de physiologie.

Tous les venins sont protéotoxiques, c'est-à-dire équivalents au point de vue toxicologique aux albumines toxiques : injectés dans les veines du lapin par exemple, ils provoquent une chute de la pression, une modification de la coagulabilité du sang (coagulation intravasculaire ou diminution de la coagulabilité), et une accélération respiratoire ; tous phénomènes qui se produisent également quand on injecte dans les veines du lapin neuf un liquide albumineux toxique, ou dans les veines du lapin anaphylactisé (c'est-à-dire ayant reçu en injections sous-cutanées des quantités plus ou moins grandes de liquides albumineux) un liquide albumineux quelconque.

Un certain nombre de venins sont exclusivement protéotoxiques ; mais les autres possèdent, à côté de ces propriétés générales, des propriétés spéciales. Le venin du Cobra et les venins des serpents voisins sont protéotoxiques et curarisants ; les venins des Crotales et des Bothrops sont protéotoxiques et coagulants (type fibrinferment) ; le venin des Scorpions égyptiens est protéotoxique et pilocarpinique.

M. Arthus montre par plusieurs exemples comment l'étude des venins permet de résoudre d'intéressants problèmes qui se rattachent aux questions générales de l'infection et de l'immunité.

Séance du 15 avril

P.-L. Mercanton. L'enneigement dans le val d'Entremonts. — Id. L'enneigement des Alpes suisses en 1913. — H. Lador. A propos du Solemya borealis.

M. le professeur P.-L. Mercanton résume les résultats du contrôle organisé et poursuivi de 1904 à 1913, par ses soins et ceux du regretté F.-A. Forel, de *l'enneigement dans le val d'Entremonts.*

Entre Orsières et le Bourg St-Pierre, huit poteaux télégraphiques, entre le Bourg et l'Hospice du Grand-St-Bernard, neuf poteaux, voisins de la route postale, ont été munis d'une graduation en mètres, à partir du sol. Le 1er et le 15 de chaque mois d'hiver, les postillons François Balleys et Paul Genoud, autorisés par les directeurs des postes et des télégraphes, ont noté la hauteur atteinte par la neige le long des poteaux. Ceux-ci étaient distants les uns des autres de 1 à 2 km., et leur altitude variait graduellement de 970 m. pour le plus bas à 2230 m. pour le plus élevé.

De grandes différences se remarquaient d'un poteau à l'autre en ce qui concerne l'accumulation de la neige, tantôt exagérée, tantôt diminuée par le vent. Cette influence était pour un même poteau toujours sensiblement pareille. Pour éliminer un peu cette cause d'erreur, deux poteaux distants de 50 m. ont parfois servi à obtenir une moyenne d'enneigement ; tels les nos 135 et 136, à 2230 m. d'altitude.

Pour chaque poteau, on a fait la moyenne des enneigements notés à chaque date année après année. Le groupement de ces moyennes individuelles pour l'ensemble des poteaux du réseau met en relief les faits suivants :

1° La couche de neige gisante, constituant l'enneigement durable, augmente d'épaisseur avec l'altitude du lieu d'observation.

2° Cette épaisseur atteint son maximum à la fin de l'hiver et d'autant plus tard que l'altitude est plus grande.

Dans le val d'Entremonts, le maximum est atteint dans le courant de mars, plus tôt où l'altitude est plus basse, plus tard où elle est plus haute. Ce maximum est précédé immédiatement, en février, d'un léger minimum secondaire.

C'est d'ailleurs en mars que les chutes de neige sont les plus copieuses, comme le démontrent les observations pluviométriques poursuivies depuis longtemps dans l'Entremonts par les soins de l'Observatoire de Genève. Les chutes de neige présentent au St-Bernard deux maxima, en décembre et en mars ; l'enneigement durable n'en présente qu'un seul, en mars aussi.

Une étude détaillée des observations nivométriques ici résumées paraîtra dans l'Annuaire du Club alpin suisse pour 1914, avec le XXXIVe Rapport sur les variations des glaciers suisses.

M. MERCANTON parle ensuite de *l'enneigement des Alpes suisses en 1913*. Il signale la constitution au sein de la Société de physique de Zurich, d'une commission glaciaire qui a déjà procédé à l'installation d'appareils nivométriques dans le massif des Clarides.

Toutes les constatations faites dans nos Alpes témoignent d'un hiver 1912-1913 peu neigeux, bien moins neigeux que l'hiver précédent; en revanche il se signale par la tardivité de son enneigement, suite d'abondantes chutes de neige au printemps dans les hautes régions. D'autre part la neige a peu fondu durant l'été. Il s'ensuit qu'en résumé 1912-1913 a été une année d'enneigement stationnaire avec légère tendance à la progression.

Enfin, M. Mercanton résume le rapport sur les variations des glaciers alpins en 1913, dressé par M. Muret, d'après les mensurations des agents forestiers suisses, de MM. Guex et Thomas et de la Commission suisse des glaciers.

Tandis qu'en 1911, 3 glaciers étaient en crue sur 67 observés, il y en avait 23 sur 51 en 1912, et il en a eu 20 sur 61 en 1913.

Parmi les glaciers en crue, signalons celui du Rhône dont l'avancement moyen a atteint 14 m. et qui a recouvert 5600 m^{2} de terrain. Les mensurations révèlent en outre un gonflement général du glacier et l'augmentation de sa vitesse d'écoulement.

Toutes ces observations paraîtront également dans le XXXIVe Rapport sur les variations des glaciers suisses.

M. H. LADOR. — *A propos du Solemya borealis.*

M. H. Lador fait précéder la présentation des échantillons de ce mollusque, adressés à notre Société par *Portland Society of Natural History* (avec laquelle nous sommes en relations d'échange de publications), de quelques détails sur le genre auquel il appartient.

Le genre *Solemya* a été créé en 1818 par Lamarck, et décrit dans son grand ouvrage des *Animaux sans vertèbres;* jusque-là ces mollusques, seulement connus par leurs coquilles, avaient été placés par les auteurs dans des genres absolument différents; sa place ne fut fixée dans la classification qu'en suite d'études anatomiques de l'animal. Deshayes le plaça d'abord dans la famille des *Solen*. C. Reclus, en 1862, démontra, par une étude comparative des divers organes, qu'il n'y avait aucun rapport entre les Solen et les Solemya. Enfin, une étude minutieuse des organes, faite par Pelseneer en 1891, le plaça près des *Nuculidæ*.

Ce genre ne compte que sept espèces bien définies, données par les différents auteurs, et qui ont pour habitats : la Méditerranée, les Côtes septentrionales de l'Amérique (New-York, Massachusetts, Nouvelle-Zélande, Guadeloupe, Golfe de Californie). Comme principaux caractères génériques il faut citer : le pied volumineux pouvant se dilater et terminé par un disque frangé ; la coquille à crochets non saillants et recouverte par un épiderme épais, brunâtre, qui déborde la coquille dans tout son pourtour. — (Cet épiderme protège la coquille contre l'action des agents chimiques, acide carbonique surtout).

Ces mollusques vivent enfoncés dans le sable jusqu'à 50 centimètres de profondeur : c'est par les contractions de leur pied qu'ils s'enfoncent graduellement ; on a pu, par une simple expérience, saisir le mode de procéder de l'animal.

Ces coquilles sont signalées dans les formations géologiques dès les époques les plus anciennes ; dans le Dévonien et le Permien (de l'époque primaire), on trouve des *Janeia*, espèce très voisine des Solemya, et dans le Carbonique on signale de véritables Solemya ; dans le Tertiaire (Langhien) de la colline de Turin, C. Mayer signale une espèce qu'il nomme *Gigantea* et dont la taille est double de *S. Mediterranea*.

La lettre du secrétaire, qui accompagnait cet envoi, donne quelques intéressants détails sur la récolte de ces mollusques, rarement trouvés jusqu'à aujourd'hui. « Les dragages entrepris l'hiver dernier, dans le port de Portland (Maine) n'avaient amené d'abord que de rares exemplaires de Solemya ; ce n'est qu'en décembre que la drague, ayant atteint une partie jusque là inexplorée du port, fit une récolte abondante de ce mollusque (pendant ces dragages on a constaté que, dans les parties où les égouts de la ville avaient laissé leurs dépôts, on ne rencontrait jamais de Solemya ni aucun organisme vivant) ; c'est grâce à l'enthousiasme et à l'appui financier de M. le prof. Morse de Salem que ces travaux de sondages ont pu se continuer malgré les tempêtes et le froid intense qui n'ont cessé de régner ».

BULLETIN SCIENTIFIQUE

PHYSIQUE

A. Righi. Sulla teoria delle rotazioni ionomagnetiche. Nota estratta dal vol. XXIII, série 5ª, 1° sem. fasc. 12° dei *Rendiconti della R. Accademia dei Lincei*. Seduta del 21 giugno 1914. Roma.

L'auteur avait déjà étudié et décrit en plusieurs de ses précédentes publications les rotations des corps, placés dans un champ magnétique, tournant autour d'un axe dirigé parallélement au champ. Ces rotations ont lieu lorsque le gaz raréfié qui entoure ces corps est ionisé. Il en donne l'explication que voici : Sous l'action du champ chaque ion gazeux parcourt entre un choc et le suivant, non pas un segment rectiligne, mais une courbe (hélice, si le champ est uniforme), de telle façon que les chocs reçus par le corps mobile ont, tout autour de lui, une direction oblique en un certain sens. Il en résulte la rotation observée. Naturellement les ions des deux signes déterminent des rotations en sens opposé, aussi ce que l'on constate est-il un effet différentiel. Le professeur Righi avait tâché d'expliquer avec quelques détails, à l'aide de considérations géométriques, le mécanisme de ces rotations en certains cas spéciaux, ceux, par exemple, d'un cylindre ou d'un moulinet à ailettes verticales; mais, surtout en ce dernier cas, l'explication n'était pas jugée par lui suffisamment complète. Dans le présent travail il en expose une théorie mathématique qu'il croit simple et en même temps plus complète. D'autre part l'auteur reconnaît que la vitesse avec laquelle un ion vient à frapper un élément superficiel du corps mobile est très variable autant en grandeur qu'en direction, et qu'elle varie aussi soit avec le temps soit d'un lieu à un autre. On est donc forcé, dit-il, de se contenter en chaque cas de calculs approximatifs, adoptant des valeurs moyennes pour les quantités avec lesquelles on a affaire.

Nous regrettons de ne pouvoir reporter ici son élégant travail analytique. L'auteur conclut que pour essayer quelques vérifica-

tions expérimentales des résultats théoriques énoncés, il serait nécessaire de ioniser le gaz, non plus avec la méthode si efficace des étincelles, mais d'une manière différente, bien que les effets observés seraient alors beaucoup moins marqués.

Th. T.

CHIMIE

D. Maron et J.-J. Bloch. Acylation des o-diamines aromatiques avec divers résidus acides. (*Ber. d. Deutsch. chem. Ges.*, T. 47 (1914), p. 717-724; laboratoire de chimie organique de l'Université de Genève).

L'un des auteurs a trouvé une méthode générale de la préparation des o-diamines monoacylées, en réduisant par le fer, en présence d'une petite quantité d'acide acétique, les acylamines o-nitrées. On peut obtenir au moyen de ces monoacylamines. 1° les diacyl-o-diamines du type :

$$R<\begin{matrix}NH \cdot COX \\ NH \cdot COX\end{matrix}$$

2° celles du type :

$$R<\begin{matrix}NH \cdot COX \\ NH \cdot COY\end{matrix}$$

et 3° des benzimidazols.

Dans ce mémoire les auteurs s'occupent spécialement de la préparation des dérivés appartenant à la seconde de ces classes.

MESURES DU COURANT ÉLECTRIQUE

PASSANT DE L'ATMOSPHÈRE A LA TERRE

faites à Altdorf et à Fribourg

JUILLET 1914

HEURE	ALTDORF			FRIBOURG			TEMPS
	λ	P. G.	Courant	λ	P. G.	Courant	
			3 juillet				
5-6 a.	836	56	156	127	62	27	Altdorf calme et beau, pluvieux dans la soirée, Fribourg nuageux et pluie dans l'après-midi et le soir.
6-7	590	115	226	221	104	77	
7-8	457	180	274	333	65	72	
8-9	641	117	250	240	111	93	
9-10	485	136	220	370	78	97	
10-11	433	139	201	399	37	50	
11-12	529	181	143	300	-57 à +37	—	
1-2	543	53	96	291	70	68	
2-3	580	49	95	298	59	58	
3-4	496	93	154	364	54	65	
4-5	672	46	103	394	52	51	
5-6	640	59	126	449	47	69	
6-7	578	32	62	—	—	—	
7-8	648	–58	–126	—	—	—	
8-9	681	–72	–163	—	—	—	
9-10	816	–162	–441	—	—	—	
			10 juillet				
5-6 a.	—	—	—	246	50	41	Très beau, brouillard dans la vallée de la Sarine le matin.
6-7	222	76	56	192	59	38	
7-8	242	103	83	175	80	47	
8-9	391	95	127	184	77	47	
9-10	462	93	143	172	83	48	
10-11	485	107	173	169	76	43	
11-12	485	93	153	192	77	47	
1-2	348	100	116	203	84	57	
2-3	304	117	118	191	94	60	
3-4	264	153	135	186	98	61	
4-5	336	138	154	200	96	64	
5-6	346	112	129	224	92	70	
6-7	279	109	101	200	89	60	
7-8	279	61	57	175	94-149	—	
8-9	347	42	49	—	—	—	
9-10	372	41	51	—	—	—	

Abréviations

λ = conductibilité par ions négatifs et positifs en unités électrostatiques $\times 10^6$

P. G. = gradient du potentiel en volts par mètre, réduit sur terrain plat

Courant vertical, en unités électrostatiques $\times 10^8$

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A

L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

PENDANT LE MOIS

DE JUILLET 1914

Le 1, orage au N.-E. à 4 h. du soir.
2, orage lointain dans l'après-midi, averse et orage au S.-W. dans la soirée.
3, pluie dans la nuit ; orage à 5 h. 30 m. du matin ; pluie à 10 h. et depuis 4 h. du soir.
4, forte bise de 1 h. à 7 h. du soir ; orage lointain dans la soirée
6, pluie pendant la plus grande partie de la journée.
7, forte averse à 6 h. 55 m. du soir.
8, pluie à 7 h. du soir.
12, pluie dans la soirée ; orage lointain.
15, orage à 11 h. 30 m. ; averses dans la soirée.
16, pluie à 10 h. du soir.
20, pluie depuis 9 h. du soir.
21, pluie à 1 h. du soir.
22, pluie dans la nuit et pendant la plus grande partie de la journée.
25, fort vent à 1 h. et pluie à 7 h. du soir ; orage dans l'après-midi.
26, pluie dans la nuit, à 1 h. et à 10 h. du soir.
27, pluie dans la nuit, à 1 h., 7 h. et à 9 h. du soir.
28, pluie dans la nuit, à 10 h. du matin et à 7 h. du soir.
29, pluie dans la nuit, à 10 h. du matin et à 1 h. du soir.
30, brouillard à 7 h. du matin et rosée.
31, rosée le matin.

Jour du mois	Pression atmosphérique 700mm + 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 8 Obs.	Ecart av. la norm.	Barographe Min.	Max.	Vent 7 h.	1 h.	9 h.	Dominant	Vit. moy. kil. h.	Nébulosité 7 h.	1 h.	9 h.	Moy. 6 obs.	Durée d'insolation	Pluie Hauteur 24 h.	Nombre d'heures
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm										h.	mm.	
1	27.7	25.6	24.4	26.17	− 1.19	24.0	28.0	SW. 1	NNE. 1	NNE. 0	var.	4.6	0	2	4	3	10.7	....	....
2	24.0	23.0	22.5	23.31	− 4.08	22.3	24.8	SW. 0	E. 2	W. 1	var.	7.7	2	6	3	6	8.3	1.9	2
3	23.7	24.3	29.2	25.19	− 2.22	22.8	29.9	SSW. 1	SSE. 1	SSW. 1	SSW. 1	4.1	9	9	10	10	0.0	7.9	7
4	29.5	28.6	27.4	28.67	+ 1.23	26.9	29.9	N. 1	NNE. 2	E. 1	NNE. 1	7.7	2	2	6	5	11.0	....	....
5	25.4	23.9	24.0	24.61	− 2.82	22.8	26.9	S. 1	W. 1	W. 1	SW. 1	2.3	2	9	5	5	11.8	2.3	2
6	24.3	25.8	27.4	25.59	− 1.90	23.7	27.6	SW. 1	SE. 1	NW. 1	var.	2.1	10	10	10	10	0.0	25.8	18
7	28.9	29.8	32.2	29.65	+ 2.14	27.5	32.7	SSW. 1	SSW. 1	SE. 1	SSW. 1	5.6	9	9	9	9	6.8	2.8	1
8	33.6	32.8	33.3	**33.01**	+ **5.47**	32.3	**33.8**	NE. 1	SW. 1	W. 0	SW. 1	3.1	1	9	10	7	7.0	0.9	2
9	32.2	30.7	30.0	31.22	+ 3.66	29.8	32.5	SSW. 1	NNE. 2	E. 1	NNE. 1	6.7	3	2	1	2	10.4	....	....
10	29.5	28.9	28.9	29.17	+ 1.59	28.4	30.0	NNE. 1	NNE. 1	N. 0	NNE. 1	5.8	1	0	0	0	**14.7**	....	....
11	29.7	28.2	27.8	28.49	+ 0.89	27.2	29.7	W. 0	NNE. 1	SW. 1	calme	1.6	0	0	1	1	**14.7**	....	....
12	28.1	27.5	28.5	27.91	+ 0.28	27.0	29.1	S. 0	NE. 1	SW. 0	calme	1.2	2	2	9	3	11.6	1.0	1
13	30.0	29.6	29.7	29.67	+ 2.02	28.8	30.2	SSE. 0	N 1	NNE. 1	NNE. 1	4.0	0	1	3	1	13.6	....	....
14	29.9	28.7	28.2	29.07	+ 1.40	27.8	30.0	NNE. 0	NNE. 1	NE. 0	NNE. 1	2.5	0	1	0	0	13.9	....	....
15	27.4	28.1	28.6	28.08	+ 0.39	26.9	29.0	SSW. 0	NW. 0	SSW. 1	var.	2.9	1	9	9	7	5.9	12.2	4
16	29.1	28.6	30.3	29.22	+ 1.51	28.9	31.0	SW. 1	W. 1	SE. 1	var.	4.6	9	2	2	6	9.0	1.1	2
17	31.2	30.0	29.8	30.07	+ 2.34	29.1	31.3	SE. 0	NE. 1	SSW. 1	var.	4.2	9	4	8	7	8.2	....	....
18	29.2	27.9	26.4	28.05	+ 0.31	25.7	30.0	SW. 0	NNE. 1	SE. 1	NNE. 1	6.3	7	2	0	3	13.3	....	....
19	24.7	22.8	20.8	23.04	− 4.72	20.5	25.7	SSE. 0	NNE 1	NNE. 1	NNE. 1	4.8	0	1	0	0	14.4	....	....
20	20.0	19.6	20.3	**19.88**	− **7.90**	**19.0**	20.9	SSW. 0	W. 0	NNW. 1	calme	1.3	2	10	10	8	5.5	0.5	1
21	19.7	20.4	22.0	20.60	− 7.19	19.6	22.0	NNW. 0	SSW. 0	NW. 1	calme	1.6	4	10	7	7	1.8	4.9	4
22	21.1	22.1	21.2	21.64	− 6.17	21.1	22.9	SSW. 0	SSW. 0	SW. 1	SSW. 1	2.3	10	10	10	10	0.0	**63.0**	**22**
23	20.5	22.1	25.7	22.34	− 5.48	20.3	26.4	SSW. 1	SSW. 2	SSW. 1	SSW. 1	5.6	9	9	10	9	4.5	....	....
24	25.8	25.0	24.9	25.47	− 2.37	24.6	26.5	S. 1	SW. 1	SSW. 1	SSW. 1	4.6	7	3	8	5	8.7	....	....
25	24.5	23.3	23.3	23.75	− 4.10	21.9	24.7	SSW. 1	SSW. 2	S. 0	SSW. 1	6.1	9	9	9	8	6.5	13.3	7
26	24.1	24.9	23.2	24.25	− 3.61	23.1	25.3	SSW. 2	SW. 2	NE. 0	SW. 1	7.1	8	10	9	8	5.0	5.6	5
27	22.6	21.7	22.5	22.43	− 5.44	21.7	23.1	SSW. 1	NW. 1	SW. 1	SSW. 1	**10.7**	9	10	10	10	0.6	4.6	3
28	21.8	21.3	22.8	21.96	− 5.93	21.3	23.1	SSW. 0	SSW. 2	SE. 1	SSW. 1	6.9	9	9	8	9	3.9	0.5	2
29	23.2	24.8	25.3	24.14	− 3.76	22.9	25.6	NNW. 1	NNE. 1	N. 1	NNE. 1	3.8	10	8	3	6	4.6	2.0	3
30	26.1	25.5	26.1	25.79	− 2.12	25.0	26.4	S. 0	NNE. 1	NNE. 1	NW. 1	4.6	10	3	9	6	7.5	....	....
31	28.9	28.5	28.8	28.14	+ 0.22	26.4	29.2	SSW. 1	NE. 1	E. 0	var.	4.0	0	0	0	0	13.2	....	....
Mois	26.33	25.94	26.29	26.15	− 1.50							4.54	5.0	5.5	5.9	5.5	247.1	153.3	86

GENÈVE — JUILLET 1914

Jour du mois	Température 7 h.	Température 1 h.	Température 9 h.	Température Moyenne 8 Observ.	Température Ecart avec la normale	Température Min.	Température Max.	Fraction de Saturation en % 7 h.	Fraction de Saturation en % 1 h.	Fraction de Saturation en % 9 h.	Fraction de Saturation en % Moyenne 8 Obs.	Fraction de Saturation en % Ecart av. la norm.	Fraction de Saturation en % Min.	Fraction de Saturation en % Max.	Tempér. du Rhône Midi	Tempér. du Rhône Ecart avec la normale	Limnimètre
	0	0	0	0	0	0	0								0	0	mm.
1	+19.8	+25.1	+21.1	+21.29	+ 3.07	+11.5	+28.6	72	54	76	65	− 4	42	85	20.5	+ 3.6	1550
2	20.5	24.0	16.8	19.25	+ 0.97	15.2	25.7	72	46	92	73	+ 4	43	96	20.0	+ 3.0	1540
3	17.0	21.2	12.8	16.17	− 2.17	12.0	21.2	80	73	86	81	+12	67	86	19.5	+ 2.4	1535
4	13.9	18.0	16.4	15.40	− 3.00	11.0	18.8	81	50	60	68	− 1	48	88	—	—	1615
5	14.1	20.7	16.8	16.41	− 2.01	8.8	23.5	72	44	81	67	− 1	40	84	—	—	1585
6	14.6	16.3	13.9	14.68	− 3.82	12.4	17.0	99	90	94	93	+25	84	99	17.8	+ 0.5	1670
7	13.2	17.8	11.2	14.33	− 4.21	10.0	19.3	73	48	92	71	+ 3	44	96	17.0	− 0.4	1700
8	14.0	21.6	17.2	16.01	− 2.58	8.5	22.8	74	45	76	70	+ 2	42	92	14.0	− 3.5	1730
9	15.7	19.2	16.5	17.57	− 1.06	13.9	20.8	87	76	80	77	+ 9	51	90	14.3	− 3.3	1690
10	16.4	21.0	21.1	18.89	+ 0.22	13.0	23.3	74	51	63	64	− 4	45	84	17.0	− 0.6	1700
11	18.6	23.4	21.7	20.01	+ 1.34	13.0	25.0	70	60	66	69	+ 1	55	84	18.0	+ 0.3	1690
12	19.6	27.8	22.2	**22.68**	**+ 3.85**	16.0	**30.2**	77	37	82	64	− 4	31	83	—	—	1680
13	19.4	22.7	21.7	21.16	+ 2.40	15.0	25.2	80	56	76	68	0	45	82	19.7	+ 1.9	1705
14	19.1	24.2	22.1	21.40	+ 2.61	15.0	27.2	80	53	63	65	− 3	**30**	84	20.7	+ 2.8	1740
15	20.3	19.1	17.5	19.31	+ 0.50	16.0	28.5	78	88	85	82	+14	50	98	20.0	+ 2.0	1735
16	17.1	21.4	14.7	17.71	− 1.12	13.4	23.2	72	44	68	**63**	**− 5**	41	76	19.7	+ 1.7	1755
17	14.2	21.5	16.8	16.98	− 1.87	11.5	23.3	84	38	68	**63**	**− 5**	35	88	19.2	+ 1.1	1765
18	17.5	20.4	17.3	18.05	− 0.82	13.0	22.4	68	54	73	66	− 2	48	82	19.2	+ 1.1	1745
19	16.5	21.6	19.8	18.11	− 0.77	10.8	23.3	76	51	66	68	0	40	85	—	—	1755
20	17.0	23.8	18.9	19.03	+ 0.14	13.0	24.6	89	61	81	73	+ 5	57	91	19.7	+ 1.4	1705
21	18.2	22.3	18.6	19.21	+ 0.32	15.8	22.8	86	67	85	82	+14	62	93	19.7	+ 1.4	1715
22	16.4	16.1	15.3	16.20	− 2.70	14.1	18.0	97	100	99	**98**	**+30**	90	100	19.0	+ 0.6	1695
23	14.7	16.0	14.9	15.74	− 3.16	12.8	19.7	90	73	70	76	+ 8	54	98	17.2	− 1.2	1665
24	15.0	21.8	17.2	16.84	− 2.05	10.0	22.7	68	49	67	65	− 3	47	80	13.0	− 5.4	1735
25	15.6	21.4	14.2	17.31	− 1.58	13.2	22.5	74	52	95	73	+ 5	50	98	11.0	− 7.5	1845
26	12.6	14.4	13.0	13.80	− 5.08	11.5	18.2	71	64	71	72	+ 4	50	84	—	—	1885
27	11.8	13.4	12.0	**12.49**	**− 6.38**	9.5	15.0	75	77	73	72	+ 1	55	86	9.8	− 8.8	1865
28	12.9	17.8	13.0	14.35	− 4.50	10.9	18.6	77	54	85	70	+ 2	48	85	9.2	− 9.4	1895
29	13.1	16.5	13.8	13.74	− 5.10	11.2	19.0	87	70	83	83	+15	60	98	9.0	− 9.6	1875
30	11.0	17.9	14.8	14.10	− 4.72	**8.0**	19.8	95	57	73	76	+ 8	51	96	13.0	− 5.7	1870
31	+11.9	+18.8	+16.2	+15.25	− 3.54	+ 8.4	+21.1	84	61	77	73	+ 5	47	90	15.7	− 3.0	1850
Mois	+15.86	+20.23	+16.73	+17.21	− 1.60	+12.30	+22.31	79	59	78	73	+ 5			16.65	− 1.44	1725

MOYENNES DE GENÈVE. — JUILLET 1914

Correction pour réduire la pression atmosphérique de Genève à la pesanteur normale : + 0mm.02. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

Pression atmosphérique : 700mm +

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.	Moyennes
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re déc.	27.83	27.68	27.88	27.89	27.34	27.05	27.47	28.15	27.66
2e »	28.06	27.87	27.92	27.65	27.11	26.45	26.56	27.15	27.35
3e »	23.42	23.42	23.49	23.83	23.60	23.55	23.77	24.39	23.68
Mois	26.34	26.23	26.33	26.37	25.94	25.62	25.86	26.49	26.15

Température.

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.	Moyennes
	°	°	°	°	°	°	°	°	°
1re déc.	+14.10	+13.16	+15.92	+18.19	+20.49	+20.07	+18.27	+15.82	+17.00
2e »	16.63	14.84	17.93	21.12	22.59	22.97	20.97	18.52	19.45
3e »	13.81	12.94	13.93	16.25	17.85	18.04	15.80	14.32	15.37
Mois	+14.81	+13.62	+15.86	+18.45	+20.23	+20.28	+18.26	+16.16	+17.21

Fraction de saturation en %.

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.	Moyennes
1re décade	82	85	78	70	58	60	69	81	73
2e »	78	82	76	61	54	50	64	79	68
3e »	83	86	82	72	66	63	75	83	76
Mois	81	84	79	68	59	58	70	81	73

Dans ce mois l'air a été calme 242 fois sur 1000.

Le rapport des vents $\frac{\text{NNE}}{\text{SSW}} = \frac{65}{46} = 1.16$

Moyennes des 3 observations (7h, 1h, 9h)

	mm
Pression atmosphérique........	26.19
Nébulosité....................	5.5
Température $\frac{7 + 1 + 9}{3}$	+17°.61
Température $\frac{7 + 1 + 2 \times 9}{4}$	+17°.39
Fraction de saturation........	72 %

Valeurs normales du mois pour les éléments météorologiques, d'après Plantamour :

		mm
Press. atmosphér..	(1836-1875).	27.65
Nébulosité..	(1847-1875).	4.4
Hauteur de pluie..	(1826-1875).	70mm.8
Nombre de jours de pluie.	(id.).	9
Température moyenne...	(id.).	+18°.81
Fraction de saturat.	(1849-1875).	68 %

Observations météorologiques faites dans le canton de Genève

Résultats des observations pluviométriques

Station	CÉLIGNY	COLLEX	CHAMBÉSY	CHATELAINE	SATIGNY	ATHENAZ	COMPESIÈRES
Hauteur d'eau en mm.	143.7	136.9	139.1	141.1	141.0	142.3	143.6

Station	VEYRIER	OBSERVATOIRE	COLOGNY	PUPLINGE	JUSSY	HERMANCE
Hauteur d'eau en mm.	146.4	153.3	138.9	129.6	144.5	127.5

Insolation à Jussy : 205.8 h.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU

GRAND SAINT-BERNARD

PENDANT LE MOIS

DE JUILLET 1914

Les 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 15, 16, 20, 21, 22, 23, 25, 26, 27 et 29, pluie.
6, 16, 25, 26 et 27, neige.
2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 16, 17, 20, 21, 22, 23, 24, 26 et 31, brouillard.
6, 20, 21 et 22, très fort vent.
7, 8, 9, 17, 18, 24 et 30, forte bise.
1, 15 et 25, orages.

GRAND SAINT-BERNARD — JUILLET 1914

Jour du mois	Pression atmosphérique 500mm + 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Ecart av. la norm.	Barographe Min.	Barographe Max.	Vent 7 h.	1 h.	9 h.	Dominant	Nébulosité 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Pluie Hauteur (24 h.)	Neige Hauteur (24 h.)
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.									mm.	cm.
1	71.7	70.5	69.7	70.6	+ 2.7	68.8	71.8	SW. 0	SW. 0	SW. 1	calme	1	1	0	1	10.2	....
2	68.0	67.3	67.0	67.4	- 0.4	66.6	68.8	SW. 2	SW. 2	SW. 1	SW. 2	10	10	10	10	16.6	....
3	66.2	66.1	66.9	66.4	- 1.6	66.0	67.0	SW. 0	SW. 1	NE. 2	var.	10	10	10	10	13.2	....
4	67.1	66.8	66.4	66.8	- 1.2	65.5	67.1	NE. 2	NE. 1	NE. 1	NE. 1	10	10	10	10	....	...
5	64.3	64.2	64.3	64.3	- 3.8	64.1	65.7	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	8	9	0	6	1.8	....
6	66.1	67.8	67.4	67.1	- 1.0	65.7	67.8	SW. 4	SW. 4	SW. 2	SW. 3	10	10	10	10	46.5	**5**
7	66.5	66.7	68.6	67.3	- 0.9	66.4	69.1	NE. 1	NE. 1	NE. 3	NE. 2	10	10	10	10	8.4	....
8	69.5	70.6	71.1	70.4	+ 2.2	69.1	71.1	NE 2	NE. 4	NE 3	NE. 3	1	8	10	6	1.4	...
9	70.8	70.5	70.3	70.5	+ 2.2	70.1	71.0	NE. 5	NE. 1	NE. 1	NE. 2	10	9	4	8	....	....
10	70.0	71.1	71.3	70.8	+ 2.5	70.0	71.3	NE. 0	SW. 2	SW. 0	calme	0	0	0	0	....	....
11	71.0	71.1	71.3	71.1	+ 2.8	70.9	71.3	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	1	1	1	1	....	....
12	70.7	71.5	71.5	71.2	+ 2.8	70.7	71.6	NE. 0	NE. 1	NE. 1	NE. 1	6	4	10	5	....	...
13	71.2	71.7	72.1	71.7	+ 3.3	71.1	**72.1**	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	1	3	10	5	....	....
14	72.0	71.6	72.0	**71.9**	+ **3.4**	71.5	72.0	NE. 0	NE. 0	NE. 0	calme	0	1	0	0	....	....
15	71.1	70.7	70.0	70.6	+ 2.1	69.4	71.6	SW. 1	SW. 1	SW. 0	SW. 1	3	10	9	7	2.2	....
16	68.1	67.5	69.0	68.2	- 0.3	67.5	69.0	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	8	10	10	9	4.4	1
17	68.2	68.4	67.6	68.1	- 0.5	67.6	68.7	NE. 2	NE. 3	NE. 5	NE. 3	10	10	1	7	....	....
18	67.6	68.0	67.6	67.7	- 0.9	67.2	68.1	NE. 3	NE. 2	NE. 1	NE. 2	2	0	1	1	.. .	... .
19	66.0	65.8	65.6	65.8	- 2.8	65.3	67.2	NE. 0	NE. 0	SW. 1	calme	1	6	4	4	...	....
20	65.0	64.8	65.4	65.1	- 3.6	64.7	65.4	SW. 3	SW. 1	NE. 1	SW. 2	10	10	10	10	14.0	...
21	65.1	64.6	67.1	65.6	- 3.1	64.6	67.1	SW. 2	SW. 2	SW. 3	SW. 2	10	10	10	10	11.4	....
22	65.3	64.6	63.6	64.5	- 4.2	62.8	66.5	SW. 3	SW. 3	SW. 3	SW. 3	10	10	10	10	**58.0**	....
23	61.1	61.8	64.2	62.4	- 6.3	61.0	64.4	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	10	10	10	10	4.4	....
24	64.5	65.3	65.7	65.2	- 3.6	64.4	65.7	NE. 2	NE. 4	NE. 1	NE. 2	0	7	10	6	....	....
25	64.1	64.0	64.0	64.0	- 4.8	63.3	65.0	SW. 1	NE. 2	NE. 1	NE. 1	2	3	10	5	18.1	2
26	62.0	62.3	62.6	62.3	- 6.5	62.0	63.4	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	10	9	10	10	5.2	2
27	60.7	60.5	60.6	**60.6**	- **8.2**	60.4	62.1	NE. 0	NE. 1	NE. 1	NE. 1	3	10	10	8	4.0	3
28	60.4	61.2	62.4	61.3	- 7.5	**60.3**	62.5	NE. 0	SW. 1	NE. 1	var.	2	3	8	4	....	...
29	62.8	64.2	65.1	64.0	- 4.8	62.5	65.3	SW. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	9	10	0	6	3.6	. ..
30	65.4	65.5	65.6	65.5	- 3.4	65.3	66.1	NE. 1	NE. 1	NE. 3	NE. 2	9	8	10	9	....	...
31	67.0	68.7	70.0	68.6	- 0.3	66.1	70.1	NE. 1	NE. 2	NE. 1	NE. 1	10	2	0	4	...	....
Mois	66.76	66.95	67.29	67.00	- 1.48							5.8	6.9	6.7	6.5	223.4	13

GRAND SAINT-BERNARD — JUILLET 1914

Jour du mois	Température							Fraction de saturation en %					
	7 heures	1 heure	9 heures	Moyenne 3 Observ.	Ecart avec la normale	Minimum	Maximum	7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Min.	Max.
	°	°	°	°	°	°	°						
1	+ 9.1	+ 13.6	+ 6.5	+ **9.7**	+ **4.3**	+ 6.3	+ 13.8	69	52	79	67	50	84
2	6.9	4.1	4.9	5.3	− 0.2	3.9	8.2	67	100	96	88	63	100
3	+ 3.6	5.2	3.0	3.9	− 1.6	+ 1.8	6.3	91	83	96	90	74	98
4	− 0.2	1.9	0.3	0.7	− 4.9	− 0.2	2.3	96	85	96	92	76	98
5	+ 0.5	6.8	4.9	4.1	− 1.5	− 0.2	8.0	89	49	52	63	43	93
6	3.1	3.6	+ 3.6	3.4	− 2.3	+ 2.8	4.4	91	97	100	96	88	100
7	+ 1.3	0.9	− 1.7	0.2	− 5.5	− 1.8	4.2	94	96	96	95	80	98
8	− 1.4	3.8	+ 1.9	1.4	− 4.4	− 1.9	4.4	95	96	96	96	52	98
9	+ 2.6	4.3	2.9	3.3	− 2.5	+ 1.6	4.7	98	92	94	95	67	98
10	4.1	8.7	7.3	6.7	+ 0.8	3.4	14.0	64	35	89	**62**	**30**	94
11	6.4	10.9	7.3	8.2	+ 2.3	6.4	12.2	82	61	90	78	58	95
12	7.3	12.4	7.4	9.0	+ 3.0	7.0	12.6	80	61	96	79	60	98
13	7.1	10.3	6.6	8.0	+ 2.0	5.7	11.4	67	63	96	75	52	98
14	7.3	13.1	8.8	**9.7**	+ 3.6	5.8	**14.2**	67	43	81	64	41	87
15	8.2	11.8	6.8	8.9	+ 2.8	+ 5.5	12.0	85	51	88	75	45	92
16	+ 4.1	3.8	0.3	2.7	− 3.4	0.0	5.5	89	96	99	95	76	100
17	− 0.2	1.8	0.7	0.8	− 5.4	− 0.3	3.0	100	82	86	89	64	100
18	+ 1.5	6.1	3.8	3.8	− 2.4	+ 0.5	7.3	77	57	94	76	52	96
19	5.1	9.2	6.7	7.0	+ 0.8	4.8	13.0	74	51	86	70	40	91
20	4.6	7.3	5.1	5.7	− 0.6	4.4	7.5	98	79	98	92	74	98
21	4.3	4.9	4.0	4.4	− 1.9	3.8	5.3	98	100	100	**99**	96	100
22	4.4	5.8	4.0	4.7	− 1.6	3.1	6.4	100	100	87	96	85	100
23	2.3	4.0	0.7	2.3	− 4.0	+ 0.2	4.3	96	92	96	95	88	100
24	3.2	6.5	3.7	4.5	− 1.8	− 0.2	7.4	64	67	98	76	60	98
25	+ 3.9	7.6	+ 1.9	4.5	− 1.9	+ 0.7	8.7	64	58	91	71	43	94
26	− 0.1	3.8	− 1.4	+ 0.8	− 5.6	− 1.5	4.2	95	60	84	80	54	98
27	− 1.2	1.5	− 1.6	− **0.4**	− **6.8**	− **2.0**	2.4	66	70	94	77	61	96
28	− 0.3	3.6	+ 1.0	+ 1.4	− 5.0	− 1.8	4.8	72	55	93	73	50	96
29	+ 1.6	3.0	1.5	2.0	− 4.4	+ 0.7	3.8	71	86	95	84	58	97
30	1.5	4.6	1.3	2.5	− 3.9	+ 0.8	5.4	73	68	99	80	60	100
31	+ 0.3	+ 5.3	+ 4.8	+ 3.5	− 2.9	0.0	+ 7.2	99	53	77	76	51	100
Mois	+ 3.25	+ 6.14	+ 3.45	+ 4.28	− 1.88	+ 1.87	+ 7.38	83	72	91	82		

MOYENNES DU GRAND SAINT-BERNARD — JUILLET 1914

Correction pour réduire la pression atmosphérique du Grand Saint-Bernard à la pesanteur normale : — $0^{mm}.22$. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

Pression atmosphérique : 500^{mm} + | **Fraction de saturation en %**

	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
	mm	mm	mm	mm				
1re décade	68.02	68.16	68.30	68.16	85	78	89	84
2e »	69.09	69.11	69.21	69.14	82	64	91	79
3e »	63.49	63.88	64.63	64.00	82	74	92	83
Mois	66.76	66.95	67.29	67.00	83	72	91	82

Température.

	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne. $\frac{7+1+9}{3}$	Moyenne. $\frac{7+1+2\times9}{4}$
	°	°	°	°	°
1re décade	+ 2.96	+ 5.29	+ 3.36	+ 3.87	+ 3.74
2e »	5.14	8.67	5.35	6.39	6.13
3e »	1.81	4.60	1.81	2.74	2.51
Mois	+ 3.25	+ 6.14	+ 3.45	+ 4.28	+ 4.07

Dans ce mois l'air a été calme 153 fois sur 1000

Le rapport des vents $\frac{NE}{SW} = \frac{89}{45} = 1.98$

Pluie et neige dans le Val d'Entremont.

Station	Martigny-Ville	Orsières	Bourg-St-Pierre	St-Bernard
Eau en millimètres.....	106.8	114.0	142.5	223.4
Neige en centimètres....	—	—	—	13

LA FONDATION HENRI POINCARÉ

L'occasion se présente pour nous de rendre un respectueux hommage à la mémoire d'un grand savant, Henri Poincaré. A mesure que le temps s'écoule et que, dans le mouvement lent mais incessant de la science, les questions à l'ordre du jour se précisent et pour les unes perdent de leur acuité, tandis que les autres s'accentuent, la perte que l'Europe scientifique a subie, lorsqu'on apprit avec consternation la mort prématurée de Henri Poincaré, se fait mieux sentir. La place exceptionnelle qu'occupait le mathématicien dans l'élaboration des procédés analytiques susceptibles de résoudre les problèmes de la physique moderne et dans leur application se laisse mieux mesurer depuis qu'on a pu se rendre compte de l'importance de son œuvre. L'Institut de France, en réalisant le vœu de sa famille, de ses amis, de ses compatriotes a, croyons-nous, compris aussi le sentiment général d'admiration et de regret du public scientifique de toutes les nations, en lui demandant de s'associer à une fondation internationale en mémoire de Henri Poincaré.

Le Comité international constitué à cet effet a publié la circulaire suivante :

« Pour rendre hommage à la mémoire de Henri Poincaré et pour attacher son nom à une fondation scientifique, les membres soussignés du Comité international, d'accord avec la famille du grand savant, ont l'honneur de proposer à ses amis, à ses confrères, à ses admirateurs de tous les pays, de vouloir bien participer à une souscription internationale destinée :

« 1° A frapper une médaille à l'effigie de Henri Poincaré ;

« 2° A constituer un fonds dont les arrérages seraient employés par l'Académie des Sciences à encourager ou à récompenser de jeunes savants qui s'occupent des parties de la science dont le génie de Henri Poincaré a assuré le progrès : l'analyse mathématique, la mécanique céleste, la physique mathématique, la philosophie scientifique ».

En rappelant dans notre recueil, d'une manière succincte sans doute, mais en cherchant à mettre en lumière les grands traits de l'œuvre scientifique du mathématicien, de l'astronome, du physicien et du penseur, et en rappelant les facultés exceptionnelles dont il fit preuve dès les débuts de sa carrière, nous voulons faire appel à la participation des savants suisses à la fondation Henri Poincaré.

La notice qui suit est rédigée par M. le Professeur C. Cailler et M. le docteur L. de la Rive, le premier pour ce qui concerne les mathématiques pures et l'astronomie, le second les détails biographiques, la physique et les vues philosophiques.

Lucien DE LA RIVE.

HENRI POINCARÉ

LA CARRIÈRE SCIENTIFIQUE

PAR

Lucien DE LA RIVE

Henri Poincaré naquit à Nancy le 29 avril 1854, dans une ancienne famille lorraine ; son grand-père était pharmacien et son père médecin. A cinq ans il fut atteint d'une grave diphtérie dont les suites, en lui ôtant provisoirement l'usage facile de la parole, influencèrent son caractère dans le sens d'une certaine réserve et de la timidité. Il prit d'emblée la première place au lycée de sa ville natale et remporta ses plus beaux succès en histoire et en géographie ; sa vocation pour les mathématiques ne se révéla que plus tard lorsqu'il fut en quatrième. Une fois que les mathématiques se furent emparées de lui, elles ne le quittèrent plus, bien qu'il restât un brillant élève dans les classes de lettres. Durant les deux dernières années du lycée il obtint successivement le prix d'honneur au concours général en mathématiques élémentaires et le prix d'honneur au concours général en mathématiques spéciales et à cette même date était reçu premier à l'Ecole Polytechnique. « Par pure curiosité, a dit un de ses professeurs de Nancy, j'assistai à son examen oral de mathématique ; la salle, ordinairement presque vide, était comble, spectacle curieux. Il parlait lentement, s'arrêtant, fermant parfois les yeux, demandant la permission d'interrompre sa démonstration pour en essayer une autre dans un petit coin du tableau, puis s'écriant : Non, décidément, j'en reviens à ma première démonstration, plus courte et plus élégante. Venait-il de l'inventer ? L'examinateur était émerveillé. »

A l'Ecole Polytechnique, il persista dans son habitude de ne pas prendre de notes aux cours, pratique qui lui avait valu des observations critiques durant ses études préparatoires. « Il n'en avait pas besoin, comme il l'a dit plus tard : une démonstration mathématique n'est pas une simple juxtaposition de syllogismes, ce sont des syllogismes *placés dans un certain ordre,* et l'ordre dans lequel ces éléments sont placés est beaucoup plus important que ne le sont ces éléments eux-mêmes. Si j'ai le sentiment, l'intuition pour ainsi dire de cet ordre, de façon à apercevoir d'un coup-d'œil l'ensemble du raisonnement, je ne dois plus craindre d'oublier l'un des éléments, chacun d'eux viendra se placer de lui-même dans le cadre qui lui est préparé et sans que j'aie à faire aucun effort de mémoire ». Ce qu'il n'a pas dit, mais ce dont ses camarades ont toujours été vivement frappés, c'est qu'il possédait au plus haut degré cette intuition de l'ordre mathématique. M. Paul Appel affirme qu'il avait déjà au lycée de Nancy le don génial d'apercevoir intuitivement, avec le détail particulier de chaque question, l'idée générale dont elle procède et la place qu'elle occupe dans l'ensemble.

A l'Ecole Polytechnique succéda pour Poincaré l'Ecole des Mines et ni ses recherches personnelles ni ses fonctions dans l'enseignement ne lui ont fait quitter le corps des Mines dont il devenait en 1910 inspecteur général. La licence, le doctorat pour lequel la thèse qu'il présenta « sur les équations différentielles partielles » fut très remarquée, et son entrée dans l'enseignement par sa nomination à la Faculté des Sciences de Caen, en 1879, suivirent à courte échéance. Deux ans plus tard, alors que sa découverte des *fonctions fuchsiennes* avait commencé à le faire connaître, il fut appelé comme maître de conférences à la Faculté des Sciences de Paris. Anticipant sur l'ordre chronologique, disons ici que les cours de Poincaré à la Sorbonne sont celles de ses contributions à la physique qui ont le mieux établi son autorité scientifique. Les leçons qui, d'année en année, portaient sur une branche différente de la physique mathématique, rédigées par les plus compétents de ses auditeurs, et auxquelles s'est jointe quelquefois une préface de grande valeur, forment tout un corps de doctrine, souvent cité

et qui a servi de point de départ à une foule de recherches. On serait tenté de se demander comment le professeur a trouvé le temps de s'initier successivement à la connaissance approfondie de sujets si différents les uns des autres, si la réponse ne se trouvait pas donnée d'avance en rappelant la prodigieuse facilité de travail et l'incessante activité d'esprit qui caractérisaient Henri Poincaré. Son érudition ne le laissait jamais en défaut, vis-à-vis d'une question nouvellement débattue, et ses cours étaient originaux et contenaient toujours une bonne part de recherches personnelles.

Nous empruntons ce qui suit à l'éloge historique de Henri Poincaré par M. Gaston Darboux. « J'ai vu Poincaré à la Sorbonne, au Bureau des Longitudes, à l'Académie. Partout, quand on lui demandait de résoudre une difficulté, sa réponse partait avec la rapidité de la flèche. Lorsqu'il écrivait un mémoire, il le rédigeait tout d'un trait, se bornant à quelques ratures, sans revenir sur ce qu'il avait écrit. Au reste, il nous a donné des renseignements, d'une valeur inappréciable pour le philosophe et le biologiste, sur la manière dont il travaillait.

« *Depuis quinze jours, nous dit-il, je m'efforçais de démontrer qu'il ne pourrait exister aucune fonction analogue à ce que j'ai appelé depuis les fonctions fuchsiennes ; j'étais alors fort ignorant. Tous les jours je m'asseyais à ma table de travail, j'y passais une heure ou deux ; j'essayais un grand nombre de combinaisons et je n'arrivais à aucun résultat. Un soir, je pris du café noir, contrairement à mon habitude ; je ne pus m'endormir, les idées surgissaient en foule ; je les sentais comme se heurter jusqu'à ce que deux d'entre elles s'accrochassent pour ainsi dire pour former une combinaison stable. Le matin j'avais établi l'existence d'une classe de fonctions fuchsiennes, celles qui dérivent de la série hypergéométrique. Je n'eus plus qu'à rédiger les résultats, ce qui me prit quelques heures.* »

Ces quelques renseignements précieux nous permettent d'entrevoir la mentalité réservée à ces rares ouvriers de la pensée que leur génie porte d'emblée au premier rang des pionniers de la science.

En 1887, Henri Poincaré entrait à l'Institut à l'âge de 32 ans, et, à partir de ce moment et aussi à la suite du succès

qu'il obtint, lorsque le prix offert par le roi de Suède, Oscar II, préludant à la création des prix internationaux, lui fut décerné, son nom entra dans le grand public. C'est avec le Mémoire *sur le problème des trois corps,* auquel il avait poétiquement donné pour devise *nunquam praescriptos transibunt sidera fines,* que Poincaré remporta le prix dans ce grand concours international entre les mathématiciens du monde entier.

A partir de cette date la carrière de Poincaré a suivi la voie toute tracée par son infatigable poursuite de la vérité scientifique, sa noble mentalité ouverte largement à toutes les aspirations de la pensée, et peut-être avant tout par une scrupuleuse conscience du devoir. Comme mathématicien il se rattache à bien des égards, à ceux d'entre eux qui, suivant son propre critère, n'aiment que les larges aperçus et rêvent immédiatement la généralisation des résultats obtenus. En 1900 la *Royal Astronomical Society* lui décernait une médaille d'or et Sir George Darwin, en la lui remettant, insistait sur le caractère de généralisation qui domina son œuvre. Poincaré, en même temps qu'il publiait des mémoires dans divers journaux scientifiques et des notes importantes dans les comptes rendus de l'Académie des Sciences, a donné des conférences, et ce qu'on pourrait appeler des articles de vulgarisation dans les revues, en particulier dans la *Revue générale des Sciences,* si en cherchant à mettre à la portée de lecteurs qui ne sont pas des spécialistes les notions nouvellement élaborées par les savants, on rentrait dans cette branche de la littérature scientifique. Les ouvrages qu'il a publiés dans la *Bibliothèque de philosophie scientifique* et, en particulier, le volume bien connu intitulé *Science et hypothèse,* sont aussi, avant tout, et bien que se rattachant aux lettres par une langue très pure et non sans une élégante concision, des exposés de questions scientifiques que l'on peut faire rentrer dans la philosophie, où il apporte la lucidité et aussi, il faut le dire, parfois la subtilité d'un mathématicien de premier ordre.

Il avait succédé à Sully Prudhomme à l'Académie Française en 1908 ; il était membre du Bureau des longitudes, président du Conseil des observatoires ; il fut à l'étranger membre de vingt et une académies royales ou nationales et d'un grand

nombre de sociétés savantes importantes. Poincaré était simple et bon, ennemi des vaines paroles que l'on échange par courtoisie et ne laissait pas volontiers deviner les élans de son cœur. Aussi semblait-il peu liant. En réalité il était très sociable. Il était si fort dominé par l'obligation morale que la maladie ne l'empêchait pas de remplir ses engagements. Du 21 juin au 2 juillet 1912 il fit à l'Ecole des Postes et des Télégraphes les conférences qu'il avait promises ; le 26 juin il présida la séance inaugurale de la Ligue pour l'Action morale ; la veille du jour où il entra à la maison de santé où, comme on le sait, les suites d'une opération qui semblait réussie d'abord furent fatales, il lisait au Conseil de la Faculté un remarquable rapport sur une candidature magistrale.

Cette vie si bien remplie par une activité inlassable et si simplement vécue, dont nous n'avions à rappeler ici que le labeur scientifique, et à laquelle les affections de famille ont apporté le meilleur bonheur qui soit de ce monde, a été celle d'un des plus grands savants de notre temps dont le désintéressement et la modestie donnent à sa personnalité un attrait sympathique.

HENRI POINCARÉ

LE MATHÉMATICIEN ET L'ASTRONOME

PAR

Ch. CAILLER

Peu de savants ont été plus étudiés de leur vivant que Henri Poincaré dans leur biographie et leur psychologie ; peu d'existences et d'œuvres scientifiques ont rencontré un intérêt si universel et ont été racontées, commentées, discutées avec une égale abondance. Bien loin que sa mort prématurée ait ralenti l'essor de cette littérature, il semble que sa carrière exerce sur les esprits un attrait grandissant.

Parmi tant de travaux consacrés à ce savant prodigieux, il convient dès aujourd'hui de mettre à part l'*Eloge historique d'Henri Poincaré*, lu le 15 décembre 1913, par M. G. Darboux, dans la séance publique de l'Institut de France, ainsi que les quatre études sur l'œuvre de Poincaré, considéré tour à tour comme analyste, astronome, physicien et philosophe, et dues à la plume de MM. V. Volterra, J. Hadamard, P. Langevin et P. Boutroux ; parues d'abord dans la *Revue du mois*, ces études réunies en un volume de la *Nouvelle Collection scientifique*, sont dignes de tout point de leurs éminents auteurs et forment un ensemble d'un intérêt captivant.

Les travaux qu'on vient de citer contiennent, avec les appréciations critiques les plus autorisées, une mine inépuisable de renseignements à qui veut s'initier aux diverses manifestations de la pensée de Poincaré, pensée infiniment riche, souple et nuancée, et qui s'est répandue successivement pour les féconder sur tous les versants de la science mathématique. Ces études conserveront sans doute une valeur durable et il faudra

toujours y recourir à côté des futures *Œuvres complètes* à qui elles constituent par anticipation comme une préface naturelle.

La présente notice, dont l'origine est tout occasionnelle, ne prétend point, cela va sans dire, se substituer à ces productions magistrales. On se défend de faire ici œuvre originale, et l'on n'a rien à dire aux gens du métier. En rendant hommage à l'illustre savant qui honora cette Revue de sa collaboration, en relevant parmi tant d'autres quelques traits caractéristiques de son activité comme analyste et astronome, l'auteur s'estimerait heureux s'il avait inspiré aux non spécialistes le désir d'aller puiser aux sources citées plus haut, et dont sont extraits, pour la plupart, les renseignements qu'on va lire ; on retirera de leur étude une rare jouissance intellectuelle et un enrichissement d'esprit certain.

Et voici notre excuse. Diffuser au sein des milieux cultivés les idées générales que Poincaré a répandues à profusion dans toutes les parties de son œuvre, n'est-ce pas travailler dans le sens de cette unité qu'il indiquait lui-même à la science comme son but suprême ? Pour que cette unité se réalise, il faut sans doute et tout d'abord qu'elle naisse et s'organise dans le cerveau des génies qui sont nos conducteurs vers la vérité ; mais, avant de devenir le partage de l'humanité dans son ensemble, il faut encore que leurs découvertes se communiquent au public éclairé par une sorte d'osmose. Tel est le rôle de la vulgarisation scientifique, et telle est la tâche qu'on s'est assignée ici [1].

La plus brillante peut-être des découvertes de Poincaré en Analyse pure, celle qui, sans être la première en date, imposa son nom à l'attention des mathématiciens, est celle des *fonctions fuchsiennes*. Pour saisir en quoi consiste cette découverte, il faut revenir en quelques mots sur une des théories capitales

[1] C'est un devoir de citer comme m'ayant été particulièrement utiles le suggestif article de M. A. Bühl (*Enseignement mathématique* du 15 janvier 1913), et la notice liminaire très complète, écrite par M. E. Lebon pour la seconde édition des *Leçons sur les hypothèses cosmogoniques*. Je n'ai pu, à mon grand regret, mentionner dans le texte les nombreux emprunts que j'ai faits à ces excellents ouvrages.

qui occupa les analystes pendant toute la durée du XIXe siècle.

L'importance de la théorie des *fonctions elliptiques* réside peut-être beaucoup moins en elle-même que dans le fait qu'elle s'est trouvée mêlée à la genèse de toutes les grandes conceptions qui ont révolutionné la science mathématique au cours de ce siècle. Et s'il arrive par aventure que certaines de ces théories n'entretiennent pas un rapport de filiation directe avec celle des fonctions elliptiques cette dernière leur a presque toujours servi de pierre de touche.

On nomme *intégrale elliptique* une intégrale où la variable s'introduit sous une racine carrée recouvrant un polynôme du quatrième degré. C'est le premier exemple qui s'offrit d'un élément analytique étranger aux fonctions élémentaires de l'Algèbre. Pour s'orienter dans le champ nouveau qui s'ouvrait à l'investigation scientifique dès la fin du XVIIIe siècle, plusieurs propriétés ont successivement servi de fil conducteur aux géomètres, en relation avec autant de points de vue essentiellement différents au moins en apparence. Le développement ultérieur de la théorie devait amener entre eux des rapprochements et en opérer à la fin la fusion. Ce furent le *théorème d'addition*, le *principe d'inversion* et celui de la *double périodicité*.

Suivant le premier, la somme de deux intégrales elliptiques est égale à une troisième intégrale elliptique dont la limite supérieure dépend algébriquement, d'une manière connue, des limites supérieures des deux premières. C'est, on le conçoit, d'abord ce résultat si frappant par son analogie avec le théorème d'addition des arcs en trigonométrie, qui a exercé la sagacité des géomètres. Plusieurs démonstrations, plus ou moins artificielles, en avaient été successivement proposées, jusqu'à ce que Abel, par un coup de génie, en assigna la véritable cause en même temps qu'il en donnait la généralisation définitive. Le théorème d'Abel étendait le théorème d'addition au champ entier des intégrales algébriques qui reçurent de Jacobi le nom d'*intégrales abéliennes*. Dès lors, sans perdre de son importance, au contraire, le premier point de vue cesse toutefois d'occuper le devant de la scène et cède le pas aux autres principes.

Dès le commencement du XIXe siècle, Abel et Jacobi — car

les travaux de ces grands géomètres s'enchevêtrent d'une manière bien curieuse — avaient conçu l'idée de ne plus considérer l'intégrale elliptique comme une fonction de sa limite supérieure, mais au contraire, et c'est en quoi consiste l'inversion, la limite elle-même comme une fonction de l'intégrale. Ils ne se contentèrent pas d'alterner simplement les rôles dévolus à la variable indépendante et à la fonction ; ils eurent la hardiesse d'attribuer à la variable indistinctement des valeurs réelles et des valeurs complexes, et cherchèrent dans le domaine complexe le secret des propriétés si mystérieuses que manifeste l'intégrale elliptique dans le domaine réel.

C'est par ce coup de génie que la conception des imaginaires reçut ses lettres de naturalisation et sa consécration définitive. Malgré les services qu'elle avait rendus, en Algèbre pour la décomposition d'un polynôme en facteurs linéaires, en Analyse pour rapprocher les unes des autres les fonctions circulaires et les fonctions exponentielles, elle paraissait alors plutôt être un expédient heureux que posséder la valeur d'une méthode régulière de calcul. Vue erronée. que la prodigieuse fortune de la théorie des *fonctions analytiques* devait, à la suite des recherches fondamentales de Cauchy, démentir d'une manière éclatante ! C'est au contraire cette même méthode de passage du réel au complexe qui allait se montrer si remarquablement féconde pour l'étude générale des fonctions algébriques, de leurs intégrales, puis des équations différentielles et aux dérivées partielles, en un mot dans l'ensemble de l'Analyse. Aujourd'hui encore, rien ne présage l'abandon prochain de cet admirable instrument, au profit de méthodes nouvelles de nature inconnue.

Armés du principe d'inversion. Abel et Jacobi reconnurent tous deux le principe de *double périodicité* qui constitue aujourd'hui la propriété la plus caractéristique des fonctions elliptiques. Si, à l'argument u on ajoute des multiples entiers de deux périodes ω, ω'. on voit la fonction se reproduire sans changement.

Employons le langage de la Géométrie. Représentons dans le plan de la variable complexe un dallage dont les deux côtés figurent les périodes ω, ω' : alors la fonction reprend la même valeur aux divers points homologues d'un point choisi à volonté

dans le dallage, elle épuise ses valeurs dans un seul et même parallélogramme de périodes. C'est dans l'existence de cette propriété que Abel et Jacobi trouvèrent la véritable base de la théorie des fonctions elliptiques ; ils expliquèrent par là notamment la possibilité d'une infinité de *transformations algébriques,* alors qu'un seul cas de pareilles transformations, remarqué avant eux, étonnait depuis longtemps leurs devanciers.

A la suite de ces mémorables résultats on eut hâte de chercher, au principe de la double périodicité, des généralisations à de nouveaux domaines. Une première extension s'offrit dans la théorie des fonctions abéliennes, lesquelles définissent des fonctions uniformes mais à plusieurs variables indépendantes. Si n est le nombre de ces dernières, le cas $n = 1$ est celui des fonctions elliptiques et l'on a deux périodes. De même dans le cas général, on possède $2n$ systèmes de périodes, de telle sorte que la fonction abélienne se reproduise par l'addition de chacun d'eux aux n arguments dont elle dépend. Nombreux sont les perfectionnements qu'apporta Poincaré à cette théorie que nous devons essentiellement au grand géomètre B. Riemann.

C'est toutefois par une généralisation d'autre nature, que Henri Poincaré allait s'illustrer. Revenons un instant aux fonctions elliptiques. Chacune d'elles peut être déterminée de deux manières équivalentes : on peut d'abord pour la définir employer les coefficients du polynôme du quatrième degré, et ces coefficients se ramènent essentiellement à un seul paramètre, *le module*. L'autre moyen consiste à se donner la forme du dallage des périodes, le rapport des périodes, pour parler algébriquement. Voici donc deux variables qui dépendent l'une de l'autre, à savoir le *module* k et le *rapport des périodes* τ ; on peut se proposer d'exprimer l'une de ces variables en fonction de l'autre.

Il était dans l'ordre des choses qu'on cherchât d'abord à exprimer τ en k. Cette détermination s'opère de suite à l'aide de certaines intégrales définies, de nature elliptique, mais on peut aussi la faire dériver de l'intégration d'une certaine équation hypergéometrique bien connue depuis Legendre. Envisagée ainsi la dépendance des deux variables se présente sous un aspect très compliqué : le rapport des périodes τ se trouve être une

fonction multiforme du module, douée d'une infinité de déterminations. Qu'on emploie au contraire le même principe d'inversion que nous avons vu précédemment à l'œuvre à propos des intégrales elliptiques : à l'instant la relation se simplifie et apparaît sous son vrai jour. Le module, en effet, est une fonction uniforme du rapport des périodes.

La propriété de double périodicité de l'intégrale elliptique se traduit par la suivante relative à cette fonction modulaire. *Soit une substitution linéaire et fractionnaire quelconque, à coefficients entiers, à exécuter sur l'argument ; la fonction modulaire de cet argument demeure inaltérée par cette substitution.*

Nous avons en outre, au point de vue de l'inversion, une seconde propriété à relever. *Si on considère l'équation hypergéométrique de Legendre, la variable indépendante s'exprime, d'une manière uniforme, en fonction du rapport de deux solutions indépendantes.*

Ces remarquables résultats, concernant la fonction modulaire, illustrèrent le nom de leur premier inventeur, le profond géomètre M. Hermite.

Tel était l'état de la question lorsque H. Poincaré entreprit de la porter à son dernier degré de généralité. Les difficultés du problème étaient immenses. Le groupe modulaire est à coefficients entiers ; il fallait d'abord généraliser la notion d'un pareil groupe, de même que le groupe modulaire généralisait la notion de double périodicité des fonctions elliptiques. Pour nous faire mieux comprendre, employons le langage géométrique.

A la double périodicité correspond un dallage du plan complexe suivant des parallélogrammes identiques accolés les uns aux autres. De la même manière, au groupe modulaire correspond un certain partage du demi-plan en triangles formés d'arcs de cercle, de telle sorte qu'à tout point pris dans un triangle correspond, comme homologue, un seul point dans chacun des autres. On trouvera tous les triangles en partant d'un d'entre eux, considéré comme domaine fondamental, et en lui appliquant successivement toutes les transformations du groupe modulaire.

Pour diviser les difficultés de la question, il fallait donc construire d'abord tous les groupes de substitutions linéaires

discontinues, c'est-à-dire effectuer tous les partages possibles du plan admettant les propriétés de correspondance univoque et réciproque, analogues des précédentes vis-à-vis d'un domaine fondamental à déterminer. Poincaré y parvint en transformant les arcs de cercle euclidiens qui limitent le domaine fondamental en droites de la Géométrie de Lobatchewski; ces considérations donnent un bel exemple de sa maîtrise dans les domaines les plus divers des Mathématiques. Il fut conduit à distinguer deux catégories de groupes discontinus ; il donna aux plus généraux le nom de *groupes kleinéens,* les *groupes fuchsiens* sont plus particuliers et laissent l'axe réel invariant.

La seconde partie du problème consistait à former de toutes pièces les fonctions qui épuisent leurs valeurs dans le domaine fondamental correspondant à un groupe donné, et reprennent des valeurs identiques aux divers points homologues du dallage curviligne. Jacobi, pour résoudre le même problème dans la théorie des fonctions elliptiques, avait trouvé les séries entières, désignées par la lettre θ, dont les quotients deux à deux sont susceptibles d'engendrer toutes les fonctions doublement périodiques. Ces fonctions θ ne jouissent pas elles-mêmes de la propriété de double périodicité, mais l'effet de l'addition des périodes est simplement de les multiplier par un certain facteur exponentiel. Des fonctions θ, de formation semblable, mais à plusieurs variables indépendantes, s'étaient aussi introduites pour expliciter les fonctions abéliennes. Poincaré, poursuivant la même idée, construisit des fonctions qu'il appelle θ-fuchsiennes, lesquelles sans admettre le groupe fuchsien considéré, donnent les fonctions fuchsiennes de ce groupe, par leurs quotients deux à deux.

Cette analyse profonde lui permit, parmi une foule de résultats particuliers, de développer les belles analogies qui, chose bien remarquable, continuent de rapprocher les fonctions fuchsiennes de leurs lointaines parentes, les fonctions elliptiques. Ainsi, de même que si deux fonctions elliptiques admettent le même réseau de périodes, elles sont liées algébriquement, de même deux fonctions fuchsiennes de même groupe dépendent algébriquement l'une de l'autre.

Réciproquement, une équation algébrique étant donnée entre

deux variables, on peut exprimer ces variables par des fonctions elliptiques d'un seul argument, aux mêmes périodes; ceci n'est vrai toutefois que sous l'expresse condition que l'équation donnée soit de genre 1. Poincaré a démontré que, quand cette condition relative au genre n'est pas vérifiée, les coordonnées de la courbe algébrique s'exprimeront toujours à l'aide de deux fonctions fuchsiennes appartenant au même groupe.

On a vu ci-dessus que la fonction modulaire provient de l'inversion du quotient de deux solutions d'une certaine équation différentielle hypergéométrique ; eh bien, de la même manière, toute fonction fuchsienne résulte de l'inversion du quotient de deux solutions d'une équation linéaire du second ordre à coefficients algébriques.

Généralisant davantage, Poincaré est parvenu à intégrer l'équation linéaire à coefficients algébriques, d'un ordre quelconque; l'intégrale s'obtient par des fonctions qu'il appelle zétafuchsiennes. Ces dernières, liées aux fonctions fuchsiennes, sont définies dans le tome V des *Acta mathematica,* alors que les tomes I et II contiennent l'ensemble de la théorie des fonctions et des groupes kleinéens et fuchsiens.

Le manque de place m'interdit de signaler ici, même sommairement, les innombrables contributions de Poincaré à l'Algèbre, à l'Arithmétique, à la Géométrie et à l'Analyse générale, qui se rattachent plus ou moins directement à sa belle création des fonctions fuchsiennes. Mais il sera permis de rappeler du moins, à propos de *l'uniformisation* des fonctions analytiques à déterminations multiples — problème si parfaitement résolu par les fonctions fuchsiennes dans le cas des équations algébriques — le théorème général d'uniformisation formulé par Poincaré pour les fonctions analytiques quelconques. *Si on a une fonction analytique quelconque d'une variable, on peut toujours exprimer la fonction et la variable indépendante par des fonctions uniformes d'une troisième variable.*

Ainsi que le remarque M. Bühl, l'étude des fonctions analytiques se trouve, grâce à la propriété précédente, ramenée à celle des fonctions uniformes et des inverses de pareilles fonctions. Ce qui augmente encore l'intérêt de ce résultat capital,

c'est le procédé qui a servi à l'obtenir : il n'est qu'une conséquence particulière de la méthode du *balayage*, imaginée par Poincaré pour résoudre le célèbre problème de Dirichlet.

Cette méthode du balayage, décrite plus bas par M. de la Rive, me servira de transition pour passer aux travaux de Poincaré, dans un nouveau domaine, celui de l'intégration des équations aux dérivées partielles.

Dès sa thèse inaugurale, présentée en 1878 à la Faculté des Sciences de Paris, Poincaré n'a guère cessé de s'occuper de ce problème très attachant en effet, et par sa haute difficulté, et par les multiples aspects sous lesquels il peut se présenter. Dans ce premier travail, Poincaré expose de nouvelles et importantes notions, entre autres celle des fonctions à espaces lacunaires, celle encore des fonctions algébroïdes qui est appelée à jouer en Analyse un rôle important. Mais c'est pourtant beaucoup plus tard, avec les mémoires capitaux : *Sur les équations aux dérivées partielles de la Physique mathématique* (American Journal, 1889, Rendiconti di Palermo, 1894), que Poincaré apporta à cette théorie des perfectionnements de premier ordre et des résultats tout nouveaux. Pour faire comprendre la nature des progrès réalisés ici il est nécessaire de revenir quelque peu en arrière.

Ainsi que nous l'avons dit plus haut, c'est Cauchy le premier qui démontra, à l'aide de la théorie des fonctions analytiques, le théorème d'existence sur les solutions des équations aux dérivées partielles.

Prenons, pour nous faire comprendre, le cas de deux variables indépendantes et une équation du second ordre. Il existe alors en général une solution tangente à toute développable circonscrite à une courbe arbitrairement tracée dans l'espace : voilà précisément, pour le cas en question, en quoi consiste le théorème de Cauchy. On voit que deux données arbitraires sont nécessaires, mais aussi suffisantes en général, pour déterminer une intégrale de l'équation proposée. Les équations de la Physique avaient déjà, et longtemps avant Cauchy, fourni des exemples qui mettent en échec son théorème d'existence ; il arrive mainte fois qu'une seule donnée suffise à déterminer l'intégrale.

Le plus important de ces exemples est justement le fameux problème de Dirichlet et la cause de l'exception réside simplement ici dans le fait que la courbe de Cauchy est fermée. Je n'ai pas à rappeler les nombreuses méthodes imaginées par les géomètres au cours du XIX[e] siècle pour résoudre le problème; au nombre de celles-ci figure celle du balayage, mentionnée plus haut, qui n'a point toutefois, relativement aux autres, celles de Schwarz, de Neumann, de Hilbert, des avantages absolument signalés.

Un autre cas, plus délicat encore, était posé par le problème des vibrations d'une membrane tendue sur un contour plan quelconque. Il s'agit cette fois de l'équation $\Delta u - n^2 u = 0$, dans laquelle u désigne le déplacement transversal d'un point de la membrane, et doit par conséquent s'annuler au bord du contour. Une solution s'offre aussitôt, à savoir $u = 0$; c'est même la seule possible quand le contour est quelconque et n arbitraire. Or l'analogie avec le cas des cordes vibrantes, ainsi que plusieurs cas particuliers accessibles au calcul élémentaire, devaient faire prévoir que, le contour étant quelconque, il existe une infinité de valeurs n telles que, pour chacune d'elles, l'équation correspondante admette d'autres solutions que $u = 0$; ce sont les *harmoniques* de la membrane. Mais il y avait loin de cette vue d'analogie à une démonstration rigoureuse du fait dont il s'agit.

A la vérité, au moment où Poincaré commençait ses profondes recherches, M. Schwarz, abordant le problème par son côté géométrique et s'appuyant sur la notion des surfaces minima et sur le calcul des variations, avait déjà démontré l'existence d'une plus petite valeur n; elle correspond au *son fondamental* rendu par la membrane. M. E. Picard, de son côté, dans ses mémoires fondamentaux sur les équations aux dérivées partielles, avait réussi à mettre en évidence le premier harmonique qui suit le son fondamental.

Il était réservé à Poincaré d'établir le premier, dans les mémoires cités plus haut, l'existence d'une série illimitée d'harmoniques successifs qui se composent, chacun avec son amplitude particulière, dans le mouvement complexe le plus général exécuté par la membrane. La méthode qu'emploie

Poincaré pour parvenir à ce beau résultat est trop délicate pour qu'il soit possible de la résumer ici même à grands traits; il suffira de dire qu'il réussit par une analyse très pénétrante, à former une équation transcendante dont les racines, en nombre infini, fournissent toutes les constantes n qui caractérisent les harmoniques successifs. Ces beaux mémoires sont d'autant plus fondamentaux qu'ils ont contribué à la découverte récente des *équations intégrales* due essentiellement à MM. Volterra et Fredholm. C'est cette dernière méthode qui sert aujourd'hui, parce que plus simple, à démontrer les théorèmes de Poincaré sur les vibrations des corps, en même temps qu'elle donne la solution de beaucoup d'autres problèmes analogues ressortissant au domaine des équations aux dérivées partielles.

Poincaré s'est d'ailleurs, dans une autre direction, montré un précurseur pour la théorie des équations intégrales, par ses recherches sur les déterminants d'ordre infini. Il en a suivi le développement de très près, en a présenté d'importantes applications, notamment à propos de la théorie des marées, dans le troisième volume des *Leçons de Mécanique céleste;* c'est aussi cette méthode qu'il emploiera pour déterminer l'amortissement d'un excitateur.

Sur ces divers sujets qui touchent autant à la Physique qu'à l'Analyse proprement dite, je renvoie aux détails donnés plus loin par M. de la Rive. Je passe maintenant à une des plus importantes découvertes de Poincaré, celle qui résulte de l'étude qualitative qu'il entreprit sur les équations différentielles et les propriétés de leurs courbes intégrales.

Nous avons rappelé incidemment le rôle prépondérant joué en Analyse, depuis Cauchy, par les quantités imaginaires. Cet instrument notamment s'est montré, avec Briot et Bouquet, bientôt suivis par M. Fuchs et plus près de nous par M. Painlevé et M. Schlesinger, d'une remarquable efficacité pour aborder l'étude des équations différentielles. Il s'en faut toutefois de beaucoup que l'intégration de ces équations, même avec le concours des imaginaires, puisse être effectuée dans tous les cas. D'ailleurs le point de vue réel n'en reste pas moins, en pratique, d'un intérêt primordial. C'est Poincaré qui s'est replacé

franchement sur le terrain réel ; dans cet ordre d'idées il a entrepris l'étude des *points singuliers* que peuvent présenter les équations différentielles à coefficients réels, et ne lui a pas consacré moins de quatre mémoires.

La question des singularités est importante parce qu'elle se rattache à la discussion qualitative d'une équation donnée ; on se propose ici de reconnaître sur l'équation seule l'allure des diverses courbes intégrales, de savoir si elles ont des branches infinies, si elles sont fermées, etc. Ce problème est de la même nature que celui qu'on examine dans les cours de Géométrie analytique à propos des équations algébriques ; seulement le cas élémentaire ne fait en rien présager la difficulté de l'autre.

Prenant d'abord les équations du premier ordre et du premier degré par rapport à la dérivée. Poincaré a découvert la possibilité de quatre genres de points singuliers seulement. Il emploie, pour les désigner, une terminologie basée sur des analogies topographiques et les classe : 1° en *cols* par où passent deux courbes intégrales, 2° en *nœuds* où se réunissent une infinité de ces courbes ; les nœuds sont semblables aux sommets et aux fonds d'un terrain relativement aux lignes de plus grande pente, 3° en *foyers* que les trajectoires enveloppent en tournant tout autour à la façon d'une spirale, 4° en *centres* autour desquels ces mêmes trajectoires circulent en s'enveloppant les unes les autres.

Une notion toute nouvelle également, et qui jette le jour le plus cru sur l'impossibilité d'exécuter ordinairement l'intégration par les procédés de l'analyse élémentaire est celle des *cycles limites*. Il existe, dans le cas général, certaines trajectoires fermées autour desquelles toutes les autres trajectoires tournent en s'approchant de plus en plus sans cependant jamais se confondre avec elles ; les courbes intégrales passant aux points singuliers font seules exception à ce phénomène d'asymptotisme et ne circulent pas autour des *cycles limites*. Des faits analogues, plus compliqués encore, se manifestent dans le cas des équations différentielles à plusieurs inconnues qui définissent des systèmes de trajectoires, multiplement infinis, dans un espace de dimension quelconque. Parmi tant de résultats imprévus, on peut, avec M. Darboux, relever comme particu-

lièrement important, le théorème de Poincaré d'après lequel *les solutions réelles d'un système d'équations différentielles algébriques peuvent s'obtenir à l'aide de séries toujours convergentes.*

Ces profondes recherches de Poincaré sur les équations différentielles, envisagées au point de vue de réalité, nous font tout naturellement passer à son activité comme astronome; elles dirigèrent sa pensée vers le problème général de la Mécanique céleste, celui des n corps, lequel revient précisément à intégrer un système différentiel d'un ordre d'autant plus élevé que le nombre des corps qui s'attirent suivant la loi de Newton est plus grand. Le problème des deux corps fait, depuis Newton, partie de l'Analyse élémentaire, l'intégration facile redonne simplement les lois de Kepler; en revanche, dès le problème des trois corps, les difficultés sont immenses et ont, depuis deux siècles, défié les efforts des géomètres. Il était réservé à Poincaré de lever un coin du voile et de projeter des jets de lumière, dans une foule de directions, sur un problème qui sembla longtemps inabordable à la théorie et pour lequel la pratique n'avait que des règles précaires d'application restreinte.

Outre son célèbre mémoire *Sur le problème des trois corps et les équations de la dynamique,* qui remporta le prix au concours international ouvert à Stockholm par le roi de Suède, outre beaucoup de mémoires et de notes insérés dans divers périodiques, on doit encore à Poincaré sur ce sujet deux ouvrages capitaux, les *Leçons de mécanique céleste,* développement de son cours à la Sorbonne, et les trois volumes des *Méthodes nouvelles de la mécanique céleste.* Il s'agit donc ici d'une matière qui a le plus longuement occupé sa pensée; son dernier mémoire *Sur un problème de géométrie* lui est encore consacré. Il est donc impossible de passer ce sujet sous silence; et en même temps, à cause de la technicité du sujet, extrêmement malaisé de faire sentir dans un bref aperçu la portée des progrès qu'il a réalisés dans ce domaine.

On sait que Lagrange, dans certaines questions de Mécanique céleste, a le premier posé des équations dites *canoniques,* dont la forme s'est montrée très-précieuse surtout en raison des

points de contact qu'elle offre avec des problèmes de nature différente, en particulier avec le problème fondamental du *calcul des variations* et aussi avec celui de l'intégration des équations aux dérivées partielles du premier ordre. Un des mérites de Poincaré, dans les *Leçons de mécanique céleste* en particulier, est d'avoir opéré cette canonisation d'une manière plus complète et plus immédiate qu'on n'avait fait jusqu'à lui.

On doit aussi à Lagrange et à Laplace les premières études sur la stabilité du système solaire ; ils ont employé dans ce but la méthode du développement en séries ordonnées suivant les puissances des masses rapportées à celle du soleil. Laplace a démontré la stabilité, au premier ordre près, en prouvant que les grands axes des orbites planétaires ne sont affectés d'aucunes inégalités séculaires, c'est-à-dire progressives, mais subissent seulement des variations périodiques ; cette stabilité a été ensuite étendue par Poisson aux termes du second ordre. Or une question préjudicielle se posait : cette méthode même de développement suivant les puissances des masses, perfectionnée récemment par M. Lindstedt, définit-elle un processus convergent ? Les astronomes n'en doutaient pas, lorsque Poincaré, par une analyse très profonde, arriva à la conclusion contraire ; quelles que soient les masses, les séries de M. Lindstedt sont toujours divergentes. Comment donc est-il possible de les employer dans la pratique ? Simplement grâce au phénomène de la semi-convergence, avec lequel les analystes sont familiers depuis l'exemple élémentaire de la série de Stirling : la divergence finale est précédée d'une convergence rapide, dans les premiers termes, vers la valeur exacte ; la somme s'en écarte ensuite de plus en plus. Il résulte de là qu'en limitant convenablement le nombre des termes de la série on obtient un résultat approché ; seulement la précision n'est pas indéfinie. Plus ou moins suffisante en pratique, la méthode ne peut donc pas trancher la question de la stabilité, ni résoudre le problème général de la Mécanique céleste qui consiste à savoir si la loi de Newton explique complètement, sans addition ni retouche, le mouvement du système planétaire.

Dans une autre direction encore, Poincaré a déblayé le terrain par un travail de critique. Lorsqu'un système différentiel est

donné, dont la variable indépendante sera par exemple le temps *t*, le premier travail pour l'intégrer consiste à chercher ce qu'on appelle des *intégrales premières*, soit des combinaisons des inconnues qui restent constantes pendant toute la durée du mouvement. Si le nombre de ces combinaisons égalait l'ordre du système. celui-ci serait immédiatement résolu ; cette circonstance favorable se présente en effet pour le problème des deux corps. Au delà, on connaissait de tout temps quelques intégrales premières ; ce sont celles qui expriment simplement les lois fondamentales de la Mécanique telles qu'on les écrit, par exemple, dans le cas des corps solides, mais le nombre des combinaisons utiles ainsi obtenues est insuffisant, il est toujours de beaucoup inférieur à celui des variables à déterminer. On était ainsi conduit à se demander s'il ne serait pas possible de trouver de nouvelles intégrales premières et d'abaisser en conséquence la difficulté du problème d'intégration. Poincaré, généralisant et rectifiant sur certains points un théorème de M. Bruns, démontra que les seules intégrales premières, qui soient algébriques ou même analytiques et uniformes, sont les dix anciennement connues ; il n'y a donc rien à chercher de ce côté.

Mais on conçoit que cette partie négative ne soit pas l'essentiel de l'œuvre de Poincaré en Mécanique céleste ; son apport réside surtout dans l'introduction des *solutions périodiques* du problème des trois ou des *n* corps, solutions auxquelles il devait faire ensuite jouer un rôle important pour l'analyse des solutions plus générales.

Une solution est dite *périodique* lorsqu'au bout d'un temps déterminé les corps du système repassent par les mêmes positions relatives bien que, au total, le système ait pu se déplacer dans l'espace absolu. Depuis Lagrange on connaissait deux solutions périodiques, extrêmement spéciales, du problème des trois corps ; dans l'une, les trois corps restent en ligne droite ; dans l'autre, ils forment toujours un triangle équilatéral. Mais c'est Poincaré qui a révélé l'existence d'une infinité de solutions périodiques, cela jusque dans le problème des *n* corps ; il a montré de plus que ces solutions sont analogues aux *cycles limites* des équations du premier ordre et nous renseignent comme ceux-ci sur l'allure des autres solutions.

Pour expliquer la chose en peu de mots, faisons correspondre à notre solution périodique une courbe fermée dans un espace à un nombre de dimensions convenablement choisi ; les autres solutions seront également figurées par des courbes de ce même espace. Eh bien, il existera toujours des *solutions asymptotiques* à la première, c'est-à-dire que les courbes correspondantes se rapprocheront à l'une de leurs extrémités de la courbe fermée autour de laquelle elles circuleront indéfiniment sans jamais se confondre avec elle ; dans ces conditions la solution périodique fournit, pour la solution générale, une approximation d'autant meilleure que le temps écoulé est plus grand. Il existe aussi, sous des conditions particulières, des *solutions doublement asymptotiques,* et pour celles-ci l'asymptotisme est double, ayant lieu à chaque extrémité : autrement dit, la courbe se déroule d'abord en s'écartant de plus en plus de la trajectoire fermée pour finir par s'en rapprocher et s'enrouler de nouveau une infinité de fois autour d'elle. Périodique dans un passé très reculé, le mouvement est destiné à le redevenir après une perturbation plus ou moins prolongée.

Ces phénomènes très compliqués le deviennent davantage encore quand on pousse l'analyse plus à fond. Décrivons par exemple une surface qui contienne la trajectoire fermée avec un certain nombre de trajectoires doublement asymptotiques, puis numérotons celles-ci, par ordre d'éloignement, à chacune de leurs extrémités. Il arrive le plus souvent que les deux numérotations ne s'accordent pas, chaque asymptotique est affectée de deux numéros différents ; ce fait est relevé par Poincaré comme tout-à-fait caractéristique de la haute difficulté du problème de la Mécanique céleste, qui est transcendant aux méthodes d'intégration élémentaires.

La question de la stabilité des trajectoires que j'ai mentionnée plus haut est aussi résolue par Poincaré d'une manière extrêmement remarquable. Pour comprendre la solution qu'il en donne, procédons par comparaison, et revenons aux phénomènes que manifestent les équations différentielles du premier ordre. Nous avons vu que dans ce cas toutes les trajectoires se raccordent avec les *cycles limites,* exception faite pour un certain nombre de trajectoires exceptionnelles, lesquelles passent

aux points singuliers ; ces trajectoires particulières sont visiblement infiniment peu nombreuses par rapport à l'ensemble de toutes les autres. Eh bien, d'une manière semblable, les trajectoires du problème des trois corps possèdent bien en général la stabilité, ce que montre d'ailleurs nettement le fait d'asymptotisme décrit plus haut, mais il y a des exceptions à la stabilité. Si on définit au hasard une trajectoire particulière, il y aura une probabilité infiniment petite, mais non pas nulle, pour qu'elle soit instable ; il n'est pas absolument certain que notre solution possède la stabilité, mais c'est infiniment vraisemblable.

Ces magnifiques résultats font peut-être saisir le rôle fondamental joué par les solutions périodiques et l'extrême intérêt qui s'attache à leur détermination effective. C'est là un problème d'une haute difficulté, sur lequel Poincaré est revenu à plusieurs reprises, et jusque dans la Note des Rendiconti, *Sur un problème de Géométrie,* qui devait être son dernier mémoire. Il n'a publié ce travail qu'à contre-cœur et comme poussé par le pressentiment de sa mort prochaine ; les lacunes qu'il y regrettait ont été comblées depuis par M. Birkhoff.

Une des notions qu'exploita Poincaré pour obtenir les solutions périodiques, est celle d'*invariant intégral.* Reprenons l'espace à *n* dimensions où sont tracées nos trajectoires ; on peut toujours se figurer celles-ci comme décrites par les molécules d'un fluide. Si ce fluide est incompressible, il existe évidemment une combinaison intégrale qui conserve sa valeur initiale, malgré le mouvement qui anime toutes les particules, c'est le *volume.* Dans le cas général d'un fluide non incompressible, il existera, d'une manière toute pareille, certaines combinaisons intégrales qui ne changent pas avec le temps. Ce sont des *invariants intégraux;* Poincaré a réussi à les déterminer et a montré la relation qui les rattache intimement aux solutions périodiques. Le troisième volume des *Méthodes nouvelles* roule en grande partie sur cette notion des invariants intégraux.

La dernière contribution de Poincaré à l'Astronomie, que nous ne pouvons que mentionner brièvement, nous est donnée par ses mémorables découvertes relatives à la figure des pla-

nètes. La question, il est vrai, est autant du ressort de l'Hydrodynamique que de l'Astronomie, puisqu'elle concerne les formes d'équilibre d'une masse fluide homogène, en rotation uniforme autour d'un axe fixe, et dont tous les points s'attirent suivant la loi newtonienne.

Ce problème, très difficile, ne peut être abordé d'une manière directe. Impossible d'obtenir la solution générale ; les seules solutions qu'on en connaisse sont des solutions particulières, obtenues par des essais, puis contrôlées à posteriori. La première en date est classique, c'est celle de l'ellipsoïde de révolution démontrée par Mac Laurin ; elle resta la seule jusqu'au jour où Jacobi prouva que, dans certaines limites de la vitesse angulaire de rotation, l'ellipsoïde à trois axes inégaux satisfait lui aussi les conditions d'équilibre, résultat remarquable en raison de la dissymétrie de la forme d'équilibre autour de l'axe. Enfin Thomson et Tait, dans leur Traité de Philosophie naturelle, avaient indiqué de nouvelles figures annulaires.

On en était là, quand Poincaré, attaquant le problème à son tour, obtint une infinité de nouvelles formes d'équilibre dont les plus connues sont les figures *piriformes;* leur détermination dépend des fonctions de Lamé.

Mais plus importante encore que cette découverte est la discussion qu'il entreprit au sujet de la stabilité de ces diverses formes d'équilibre. Considérons une vitesse angulaire déterminée ω ; il existe généralement plusieurs figures compatibles avec cette vitesse, disons deux par exemple. Si ω change de valeur, nos deux figures se modifient chacune pour son compte ; il existe certaines valeurs ω où elles se confondent. Qu'on fasse alors varier ω au delà de cette valeur qui produit la coïncidence, deux cas pourront se présenter ; ou bien les figures d'équilibre disparaissent, ou bien elles reparaissent en restant réelles. Dans ce second cas, le plus intéressant des deux, il se produit une sorte de bifurcation des figures d'équilibre à partir de la coïncidence.

Eh bien, Poincaré a fait voir qu'il y a *échange des stabilités;* c'est-à-dire, si avant la bifurcation une des figures était stable et l'autre instable, c'est le contraire qui a lieu après la bifur-

cation, la stabilité a quitté la première figure pour passer à la seconde. Ce théorème a servi à Poincaré pour rendre compte, d'une manière frappante, des phénomènes qui se passent lorsque la rotation s'accélère, par exemple en raison du refroidissement de la masse. Quand la vitesse est faible, la figure est un ellipsoïde de révolution très voisin de la sphère. A partir d'une vitesse suffisante, l'ellipsoïde de révolution cesse d'être stable, il y a bifurcation avec un des ellipsoïdes de Jacobi. Ce dernier reste la forme stable, tout en se déformant, jusqu'à ce qu'il vienne à croiser à son tour une des figures de Poincaré. On obtient de la sorte une nouvelle figure d'équilibre ; elle est *piriforme,* le corps s'est aminci dans la région centrale en s'arrondissant de façon dissymétrique aux extrémités opposées. Il y a là deux renflements inégaux, réunis par une partie plus faible, comme si la masse tendait à se séparer en deux corps distincts.

Tous ces théorèmes sont entièrement nouveaux et fort intéressants. Poincaré les a utilisés dans ses *Leçons sur les hypothèses cosmogoniques,* le dernier ouvrage didactique qui soit sorti de sa main et l'un des plus célèbres à cause de la nature du sujet. C'est par l'étude du plus grand objet qui puisse peut-être occuper l'homme de science que Poincaré devait couronner sa féconde et trop brève carrière.

Nous voici arrivés au bout de ce rapide compte-rendu de quelques-uns des travaux de H. Poincaré, considéré comme analyste et astronome. Dans cette perspective à vol d'oiseau d'un territoire immense, nous nous sommes arrêtés en passant devant quelques sommets seulement. L'espace nécessaire à de plus longs développements nous manque ; la compétence surtout nous ferait défaut pour embrasser davantage, et force nous est de nous en tenir à ceux de ces travaux qui nous sont le plus directement accessibles. En terminant cette bien insuffisante esquisse, on nous permettra de dégager notre impression d'ensemble, de relever quelques traits de l'œuvre de Poincaré, plus particulièrement caractéristiques de ce qu'on pourrait nommer son tempérament intellectuel.

D'abord c'est un intuitif. Relisez la merveilleuse confé-

rence[1] où il a analysé, avec sa sagacité habituelle, sa propre méthode de travail, s'il est permis de parler de travail et de méthode à propos de la création toute inconsciente et spontanée du génie. Vous y verrez au net la nature obligatoire, si je puis ainsi parler, en tout cas profondément irrationnelle et supralogique de son activité mentale. Dans cette obscure incubation de la subconscience, suivie d'un brusque déclanchement et d'une foi complète en la vérité saisie en dehors de tout contrôle de la raison, on ne reconnaîtra guère la *longue patience* de M. de Buffon ; comme si l'application pouvait suppléer la nature !

Elle ne la remplace pas, elle la soutient et la complète seulement. Nul mieux que Poincaré ne l'a su : il a souvent insisté avec force sur la nécessité absolue de la vérification ultérieure, sur l'obligation stricte de la rigueur dans la démonstration. Les mathématiques n'existent que par la preuve, et toute preuve non rigoureuse est inexistante. Disons-le toutefois sans détour ; il lui est arrivé plus d'une fois, emporté par un élan trop impérieux, de surmener son lecteur, de commettre même des erreurs de déduction dans ses mémoires comme dans les traités rédigés avec la collaboration de ses élèves. On sait que J. Bertrand a élevé de justes critiques sur quelques points du volume *Electricité et Optique*. Mais ce sont là des exceptions ; malgré la rapidité de sa production scientifique, un instinct presque infaillible l'empêche de trébucher aux obstacles qui arrêteraient longuement un mathématicien plus déductif. On sait qu'il s'est efforcé de montrer que les Mathématiques pratiquent, à leur manière, le raisonnement inductif et savent, comme la Physique, passer du particulier au général.

Cette idée, qu'il n'a pas à mon sens pleinement démontrée, exprime en réalité le fond de son tempérament intuitif. Il est clair d'après celà qu'il n'a pas dû beaucoup goûter l'axiômatique pas plus que la critique des principes de l'Analyse poussée de nos jours jusqu'aux derniers degrés du raffinement. Ces détails infinis, ce travail à la loupe le rebutaient ; peut-être n'était-il pas loin de voir comme une maladie dans ce

[1] Faite devant l'*Institut général de Psychologie*, sur l'*invention en mathématiques*. Voir plus bas la citation extraite par M. L. de la Rive.

qu'il appelait le *cantorisme*. Il s'est exprimé sur le compte de la jeune école de Logique mathématique avec une vivacité de plume et une verve amusante qui trahissent au vif le grand éloignement qu'il ressentait pour toute tentative visant à réduire les mathématiques à un pur formalisme déductif et, pour tout dire, à une sorte de mécanique intellectuelle.

Sera-t-il permis encore de retrouver la marque de sa nature intuitive dans sa belle langue si vive, si allègre, dans son allure de constante improvisation. Soulignez l'effet, renforcez-le par le contraste ; comparez à son style tel autre grand style scientifique, celui de J. Bertrand, par exemple. Vous avez, d'un côté, une prose concise, ramassée, mais dure aussi, surveillée pour ainsi dire dans ses meilleures trouvailles ; de l'autre, la liberté d'un vêtement qui n'habille la pensée vivante que pour lui prêter une grâce et une vigueur nouvelles. Le parallèle mériterait d'être continué pour marquer plus au juste l'opposition de deux mentalités, dont la première est aussi concentrée et réfléchie que la seconde est libre et spontanée. Il vaudrait également la peine de reconnaître, sous la différence des moyens d'expression, deux conceptions foncièrement divergentes du rôle même de la sienne.

Le second trait qui a frappé tous les commentateurs de Poincaré, parce que, en effet, il saute aux yeux les moins attentifs, c'est son universalité. Ce caractère s'accuse déjà dans sa tendance de traiter toutes les questions qu'il aborde dans leur plus grande généralité. Poincaré n'a certes nullement méconnu l'importance des problèmes spéciaux, l'intérêt d'un cas particulier scruté jusque dans ses moindres détails. Mais il a préféré abandonner cette tâche à d'autres ; son cœur n'y était pas, sa pensée ne se déployait à l'aise que sur les sommets embrassant tout un pan de l'horizon scientifique. Allons plus loin.

C'est un mal souvent déploré que la croissante spécialisation qu'implique le développement même de la science. Nous sommes loin d'un Aristote, et de ces savants de la Renaissance à qui rien de ce qui touchait la science de leur temps ne demeurait étranger. A mesure que la science s'amplifie, elle s'approfondit et se diversifie ; le tronc, massif d'abord, se divise en branches, ceux-ci se partagent en rameaux, puis en ramilles.

Rien n'est simple ; où l'œil ne distingue d'emblée qu'une surface uniforme, le microscope fait apercevoir bientôt une infinité de détails ayant chacun son intérêt propre et dont l'examen minutieux est nécessaire à la connaissance de l'ensemble. La tâche à remplir modèle le travailleur ; en s'adaptant de mieux en mieux à une fonction spécialisée, l'intelligence se spécialise à son tour, elle perd en souplesse et en liberté, s'ankylose, devient un calus.

Voilà les dangers d'une concentration excessive ; mais non moins périlleuse serait la dispersion dans l'immensité du connaissable si on y perdait la maîtrise du détail particulier. C'est donc à chacun à trouver, au mieux de sa nature intellectuelle, le juste équilibre entre les forces centripète et centrifuge qui sollicitent son esprit en sens opposés. Toutefois, en raison du mouvement indiqué plus haut, cet équilibre se déplace aujourd'hui du côté de la spécialisation, je dis même chez les plus grands, de ceux auxquels nous devons de merveilleux progrès. Prenez, par exemple, l'œuvre d'une profondeur admirable de notre contemporain M. Hermite, peut-on imaginer chose plus strictement analytique ? Et nous en dirions autant de celle d'un Abel, d'un Galois, si la mort n'avait peut-être empêché prématurément ces grands hommes de développer toutes leurs virtualités.

Avec H. Poincaré, nous changeons d'atmosphère ; le spectre, à un petit nombre de raies brillantes, s'épanouit en un immense arc-en-ciel. Sans doute il n'a rien publié sur les sciences biologiques, mais il faut avoir lu ses préfaces peu soigneusement pour ne pas le sentir très sûrement averti de leurs récents progrès. Dans le domaine des sciences mathématiques, il a tout compris, il a tout abordé, et partout s'est montré en maître. Il a renouvelé dans notre siècle le miracle d'Euler et son universelle curiosité.

Quand on songe que la liste de ses travaux, établie par M. E. Lebon dans sa *Collection des savants du jour* ne contient pas moins de 495 numéros — encore n'est-elle pas complète, — que cette colossale production s'étend sur l'Analyse pure, l'Arithmétique, l'Algèbre, la Géométrie, la Mécanique céleste, l'Astronomie, la Physique, la Philosophie scientifique, qu'à côté

de mémoires sur la Géodésie et les mesures au pendule s'y trouvent discutées des questions de psychologie et de pédagogie, que l'*Analysis situs* y coudoie le calcul des probabilités et la théorie des quanta, que partout dans les domaines les plus divers il est au courant des dernières idées et capable de contribuer aux plus récents progrès, le vertige vous prend ; on demeure confondu que tant d'étendue s'allie à tant de profondeur.

La nature synthétique de son esprit a permis à Henri Poincaré d'être, pour la science de notre temps, comme un miroir aux multiples facettes où toutes nos conceptions sont venues se polariser en un seul faisceau, une sorte de commune mesure de la pensée scientifique. C'est par ce caractère, peut-être plus encore que par l'éclat des découvertes, qu'il reste incomparable.

Le dernier point que je relève en terminant, celui qui imprime à son œuvre le cachet définitif, est son idéalité.

> « Einem ist sie die hohe, die himmlische Göttin, dem andern
> Eine tüchtige Kuh, die ihn mit Butter versorgt [1] ».

Ce célèbre distique de Schiller sur la Science, marque nettement les deux points de vue extrêmes d'où l'on peut juger la valeur de la science. Il le faut avouer, le point de vue noble a, dans ce siècle, beaucoup perdu de son ancien prestige. L'homme de science, dans ses efforts désintéressés à la conquête de la vérité, n'est trop souvent qu'un incompris ; « à quoi cela sert-il » est une des questions qu'il s'entend adresser le plus souvent. La foule n'a rien su de l'œuvre de Hertz avant que la télégraphie sans fil soit venue lui donner la seule consécration que la foule estime. Les merveilles de l'industrie, les besoins qu'elle satisfait et ceux qu'elle excite par un mouvement de plus en plus rapide, ont matérialisé et abaissé l'âme humaine. Une philosophie nouvelle, qui n'est certes pas née de ces besoins inférieurs, mais relève néanmoins de visées utilitaires, le *pragmatisme* a vu le jour ; elle consiste essentiellement à renverser l'ordre hiérarchique du rapport entre l'utile et le vrai en définissant le second en fonction du premier.

[1] Voir encore, dans le même esprit, la pièce intitulée : *Archimedes und der Schüler.*

H. Poincaré, c'est là une de ses meilleures gloires, a très énergiquement relevé le gant et défendu la cause de la science désintéressée. Il est vrai, que dans une partie notable de son œuvre, on le voit soutenir des tendances foncièrement pragmatistes, il suffit de rappeler à cet égard qu'il a substitué, dans la discrimination des théories géométriques et physiques, le critère de la *commodité* à celui de la *vérité*. Mais il s'écarte de nouveau résolument du pragmatisme par le tour profondément intellectualiste de sa pensée où se reconnaît tout l'idéalisme de sa race.

Fidèle à son tempérament compréhensif, Poincaré n'écarte ni le point de vue positif, ni le point de vue supérieur ; il les prend tous les deux, il les réunit dans un accord harmonieux, en les rangeant par ordre de dignité. Ingénieur, il comprend mieux que quiconque les exigences de la vie et la valeur de la science pour l'action. Il a d'ailleurs bien souvent écrit lui-même en vue de l'application pratique. Mais c'est le penseur qui domine en lui, et son besoin le plus impérieux c'est d'accroître, par la contemplation du vrai, la noblesse de son être.

Si donc il admire ces prodiges de l'industrie humaine, « c'est surtout parce que en nous affranchissant des soucis matériels, elles donneront un jour à tous le loisir de contempler la nature ». Aussi il ne dit pas : « la science est utile parce qu'elle nous apprend à construire des machines », mais il dit « les machines sont utiles parce que en travaillant pour nous, elles laisseront un jour plus de temps pour faire de la Science ».

Et ailleurs. « Le savant digne de ce nom, le géomètre surtout, éprouve en face de son œuvre la même impression que l'artiste ; sa jouissance est aussi grande et de même nature. Si je n'écrivais pas pour un public amoureux de la science, je n'oserais pas m'exprimer ainsi, je redouterais l'incrédulité des profanes. Mais ici, je puis dire toute ma pensée. Si nous travaillons, c'est moins pour obtenir ces résultats positifs auxquels le vulgaire nous croît uniquement attachés que pour ressentir cette émotion esthétique et la communiquer à ceux qui sont capables de l'éprouver. »

C'est sur ces paroles que nous le quitterons. H. Poincaré a donc voulu restaurer la relation, seule exacte parce que la plus

élevée, entre les tendances opposées du théoricien et de l'homme d'action. Au-dessus des nécessités et des appétits matériels, il a montré aux hommes de sa génération un monde de beauté, seul digne de leurs aspirations et conforme à leur meilleur moi. Il a détournés leurs regards de la terre pour les relever vers ces espaces infinis dont il a lui-même exploré les mystères avec toute la pénétration de sa merveilleuse intelligence.

HENRI POINCARÉ

LE PHYSICIEN ET LE PHILOSOPHE

PAR

Lucien DE LA RIVE

Dans l'enseignement qu'a donné Poincaré à la Sorbonne pendant treize ans, de 1887 à 1900, dans la chaire de physique mathémathique, il a exposé sous une forme toujours nouvelle, la capillarité, l'élasticité, la théorie des tourbillons, la propation de la chaleur, le potentiel newtonien, la thermodynamique, l'optique et la théorie électromagnétique de la lumière. Les résultats personnels auxquels chacun de ces enseignements conduisait le professeur sont en général rédigés avec les leçons elles-mêmes par les élèves qui se chargeaient de ce soin ou, quand leur importance lui semblait assez grande, publiés sous la forme de mémoires. Dans la première catégorie se trouve par exemple une démonstration nouvelle et très élégante du fait établi par Plateau, relatif à la stabilité d'une lame liquide en forme de cylindre circulaire droit appuyé sur deux anneaux égaux et parallèles. Il en est de même de la discussion de l'hypothèse de Maxwell sur la cause des attractions et des répulsions électriques qu'il attribue à une pression élastique du fluide inducteur. La conclusion de Poincaré se résume en disant que cette théorie est acceptable par elle-même, mais ne s'accorde pas avec la localisation de l'énergie électrostatique sous forme d'énergie potentielle.

Dans la seconde catégorie il faut citer, comme au nombre des plus importants, les résultats que Poincaré a réunis et développés dans une série de notes et de mémoires publiés de 1890 à 1896 sur les équations aux dérivées partielles de la physique

mathématique. Cet ensemble de recherches poursuivies avec sa ténacité accoutumée, aboutit aux deux mémoires de l'*American Journal of Mathematics* et à celui des *Acta mathematica*, ce dernier sur *la méthode de Neumann et le problème de Dirichlet*. On sait qu'on appelle ainsi la recherche de la solution générale de l'équation différentielle $\Delta u = 0$, ou équation de Laplace, dans laquelle u peut se trouver exprimer en particulier le potentiel électrique dans l'intérieur d'un conducteur en équilibre électrique. Poincaré applique au problème ce qu'on a désigné par la méthode de *balayage* dont l'idée fondamentale est qu'on peut, sans changer le potentiel extérieur d'une sphère sur laquelle on cherche une distribution électrique, remplacer toute charge intérieure par une distribution convenable de la même charge à la surface. On peut ainsi balayer les charges intérieures en les amenant à la surface.

La même question, sous une autre forme, car la même équation différentielle se retrouve avec une surprenante unité dans des théories aussi distinctes que le sont l'électrostatique, l'élasticité et la chaleur, le conduisit, dans son travail de 1890 sur *l'équation des vibrations d'une membrane*, à établir avec une entière rigueur l'existence de toutes les vibrations simples dont la superposition représente le mouvement général de ce corps élastique, complétant d'une manière définitive les travaux de M. Schwarz et ceux de M. Picard. Puis en 1895 et 1896 apparut à Poincaré l'analogie entre la décomposition qui s'introduit par juxtaposition dans les problèmes de la chaleur et de l'élasticité et le développement en série de Neumann. L'analogie ainsi établie a préparé la solution donnée par Fredholm au problème des équations intégrales et Poincaré a montré ensuite comment on peut former des séries convergentes donnant la déformation élastique d'un solide quelconque.

Lorsqu'en 1885 parut la traduction française du *Traité de Maxwell*, à l'instigation d'Alfred Potier, dont l'autorité en ces questions était acceptée, on se souvient, ceci s'adresse aux moins jeunes d'entre nous, d'un certain désappointement. Nous savions, un peu vaguement, que Maxwell était parvenu à interpréter mathématiquement les idées géniales de Faraday et nous nous attendions, sans doute à tort, à une mécanique électrique

toute nouvelle, dont on n'aurait qu'à suivre les déductions après s'être initié aux définitions et aux principes fondamentaux. Certes, les considérations originales et les résultats mathématiques inattendus ne font pas défaut dans cet ouvrage, qu'on peut qualifier de prodigieux par la puissance d'intuition qu'il révèle, mais s'en assimiler le contenu ou même être capable d'en juger l'importance n'était pas une tâche à la portée de tous les physiciens. Entre les théories déjà connues, celle de l'électricité statique, celle de l'électrodynamique d'Ampère, celle de l'induction des courants de Neumann, et la théorie basée sur une conception nouvelle des phénomènes, la liaison semblait se dérober et ce n'était qu'en lisant, au second volume, le chapitre sur les équations dynamiques de Lagrange qu'on voyait surgir la science nouvelle. On ne peut mieux exprimer cette difficulté pour le lecteur à entrer complètement dans la pensée du grand physicien anglais que ne le fit Poincaré dans la préface du volume de son œuvre *Electricité et Optique,* en 1894. Cette préface présente assez d'importance, en donnant un résumé autobiographique, sans doute inconscient, de la mentalité de l'auteur pour qu'il soit permis d'en reproduire ici un fragment.

« En ouvrant Maxwell, le lecteur s'attend à y trouver un ensemble théorique aussi logique et aussi précis que l'optique physique fondée sur l'hypothèse de l'éther ; il se prépare ainsi une déception que je voudrais lui éviter en l'avertissant tout de suite de ce qu'il doit chercher dans Maxwell et de ce qu'il n'y saurait trouver.

« *Maxwell ne donne pas une explication mécanique de l'électricité et se borne à démontrer que cette explication est possible.*

« Il montre également que les phénomènes optiques ne sont qu'un cas particulier des phénomènes électromagnétiques. De toute théorie de l'électricité on pourra donc déduire immédiatement une théorie de la lumière. Quand le lecteur aura consenti à borner ainsi ses espérances, il se heurtera encore à d'autres difficultés : le savant anglais ne cherche pas à construire un édifice unique, définitif et bien ordonné, il semble plutôt qu'il élève un grand nombre de constructions provisoires et indépendantes, entre lesquelles les communications sont difficiles et quelquefois impossibles.

« Prenons comme exemple le chapitre où l'on explique les attractions électrostatiques par des pressions et des tensions dans le milieu diélectrique. Il contient une théorie qui se suffit à elle-même et il n'est pas seulement indépendant du reste de l'ouvrage ; il est difficile de le concilier avec les idées fondamentales du livre ; Maxwell ne tente pas même cette conciliation, il se borne à dire : « I have not been able to make the next step, namely, to account by mechanical considerations for these stresses in the dielectric ».

« L'idée fondamentale se trouve ainsi un peu masquée. Elle l'est si bien que dans la plupart de ouvrages de vulgarisation, elle est le seul point qui soit complètement laissé de côté. Je crois donc devoir, dans cette introduction, expliquer en quoi consiste cette idée fondamentale ».

Nous ne pouvons ici suivre Poincaré dans son exposé qui devient mathématique et dont il ressort qu'en désignant par U et T l'énergie potentielle et l'énergie cinétique du système de courants, il faut d'une part admettre que leur somme est constante et de l'autre que U dépend des paramètres de Lagrange et T de ces paramètres et de leurs dérivées par rapport au temps ; il faut encore que les équations différentielles de U et de T aient la forme voulue, mais le nombre p des paramètres est arbitraire et c'est le choix possible de ce nombre qui peut être très grand que l'auteur affirme lorsqu'il dit :

« Si le phénomène comporte une explication mécanique, il en comportera une infinité d'autres ».

Et enfin plus loin :

« Entre toutes ces explications possibles, comment faire un choix pour lequel le secours de l'expérience peut nous faire défaut ? Un jour viendra peut-être où les physiciens se désintéresseront de ces questions inaccessibles aux méthodes positives et les abandonneront aux métaphysiciens. Ce jour n'est pas venu ; l'homme ne se résigne pas aisément à ignorer éternellement le fond des choses ».

Ne sent-on pas dans cette dernière phrase comme un accent dramatique qui en dit long sur ce qui pourrait sembler l'agnosticisme satisfait du mathématicien ?

L'ouvrage dont nous venons de citer la préface et celui publié

en 1894, *Oscillations électriques,* ont été pour Poincaré l'occasion de confronter les diverses théories d'Ampère, d'Helmhotz, de Maxwell, et de pousser, avec la clarté qui le caractérisait, ces diverses théories jusqu'à leurs conséquences expérimentales les plus décisives. Il atteint sans peine, à travers le réseau complexe des formules, la signification physique, sans passer par les intermédiaires nécessaires à d'autres pour prendre appui en chemin.

La grande découverte de Hertz le trouva préparé à élucider l'explication théorique des faits expérimentaux qui accompagnent la propagation de l'onde électrique et que de nombreux physiciens, à la suite des recherches de Hertz, cherchèrent à constater et à vérifier. Il donna en particulier une interprétation plausible au fait expérimental signalé par Sarasin et de la Rive, que les interférences par réflexion normale de l'onde mesuraient la longueur d'onde propre au résonnateur et non celle de l'excitateur, ce qu'ils avaient dénommé la résonnance multiple. L'étude de cette question valut à notre recueil la collaboration de Poincaré et il la traita avec sa maîtrise habituelle. Il établit par une analyse des conditions expérimentales et en particulier de la disposition du résonnateur circulaire, fil fermé sur lui-même sauf l'intervalle laissé à l'étincelle, que les actions simultanées de l'onde directe et de l'onde réfléchie donnent lieu dans le résonnateur à une double oscillation correspondant à deux périodes dont l'une est celle de l'excitateur et l'autre est propre au résonnateur lui-même. La première subit un amortissement beaucoup plus grand que la seconde d'où résulte que celle-ci est seule observable par la mesure des distances respectives des nœuds et des ventres de l'onde stationnaire. Quant à la valeur de cette longueur d'onde elle-même, l'expérience ne s'accordait pas avec celle que lui attribue l'interprétation théorique d'après laquelle elle est égale au double de la longueur du résonnateur. Une étude approfondie de cette question, dans *Oscillations électriques,* a pour conclusion que les éléments suffisants font défaut à l'analyse, et que des expériences ultérieures sont nécessaires.

La découverte des rayons cathodiques et de la radioactivité donna une nouvelle impulsion à la curiosité scientifique de

Poincaré, à ses facultés toujours en éveil d'intuition et de rapprochement inattendu. La théorie de Lorentz explique, comme on le sait, les propriétés électromagnétiques de la matière par celles des électrons. Des ondes sont émises par les atomes en mouvement et leur absorption est liée aux mouvements qu'ils transmettent aux électrons contenus dans la matière qu'ils rencontrent. L'effet Zeeman fut un triomphe des idées de Lorentz ; le dédoublement de la raie spectrale résultait de l'action magnétique exercée sur les électrons dont le mouvement produisait la lumière de la source. Lorentz avait établi sa théorie sur l'hypothèse que la matière est constituée par le mouvement d'électrons dans un éther immobile. Poincaré consacra de nombreux travaux à la discussion de cette théorie et à sa comparaison avec d'autres hypothèses sur l'électrodynamique des corps en mouvement. Il crut d'abord voir dans le fait que la théorie des électrons est en contradiction avec le principe d'égalité de l'action et de la réaction une raison pour la rejeter, mais il y apporta bientôt une contribution en montrant que la difficulté disparaît par l'introduction de la *quantité de mouvement électrodynamique* qui provoqua le développement ultérieur de cette mécanique. « A cette époque, dit l'éminent physicien Langevin dans la notice qu'il a consacrée à son maître et ami, étude à laquelle nous faisons ici de larges emprunts, au cours de nos conversations pendant la semaine où je me trouvais seul avec lui dans les plaines de l'Amérique du Nord au retour du congrès de St-Louis, j'eus l'occasion de voir avec quel intérêt passionné Henri Poincaré suivait toutes les phases de la révolution qui s'accomplissait dans nos conceptions les plus fondamentales. Il voyait avec un peu d'inquiétude s'ebranler le vieil édifice de la mécanique newtonienne qu'il avait encore récemment couronné par ses admirables travaux sur le problème des trois corps. Mais si son enthousiasme était plus réfléchi que le mien, Poincaré était comme nous tous, dominé par la fièvre d'entrer dans un monde nouveau ».

Peu de temps après son retour, il montrait que la contraction de l'électron de Lorentz, hypothèse qui est la conséquence du résultat négatif de l'expérience de Michelson, s'explique par la

supposition que la charge superficielle est maintenue par une pression de l'éther. Au repos, par raison de symétrie, la figure est sphérique. D'autre part le physicien hollandais avait démontré que les équations fondamentales de sa théorie reprennent la même forme pour divers systèmes d'axes en mouvement relatif uniforme pourvu que les équations de transformation des variables satisfassent à certaines conditions. Et de ces équations il résulte que non seulement les mesures d'une même longueur par deux observateurs en mouvement relatif diffèrent l'une de l'autre, mais qu'il en est de même pour les mesures d'un même intervalle de temps. Plus récemment Einstein alla plus loin, et, ne conserva pas la notion d'un temps absolu que Lorentz avait respectée et donna une forme définitive au groupe des équations de transformation. Poincaré se préoccupa de trouver les invariants du système et trouva un premier invariant dans l'intégrale d'action hamiltonienne mise sous la forme qui résume dans un principe de moindre action plus général que celui de la mécanique ordinaire l'ensemble des lois de l'électromagnétisme et de la dynamique nouvelle. La pression en général et la pression de Poincaré en particulier fournissait un second élément d'invariant. Poincaré s'appuyant sur ce résultat cherche comment il faut modifier la loi de gravitation pour la rendre conforme au principe de relativité et trouve plusieurs solutions possibles ayant ce caractère commun que la gravitation se propage avec la vitesse de la lumière du corps attirant au corps attiré et que cette correction atténue la divergence entre la théorie et l'observation, dans le mouvement du périhélie de Mercure en particulier.

La préface de la *Thermodynamique* de Poincaré, 1892, cite les conclusions du chapitre sur la Réduction des principes de la Thermodynamique aux principes généraux de la Mécanique en ces termes : *Le mécanisme est incompatible avec le théorème de Clausius.* C'est de ce théorème que découle, comme on le sait, l'accroissement spontané de l'entropie et les conséquences qu'on en tire pour l'acheminement graduel de la matière vers un état neutre. Cette conclusion serait grosse de conséquences s'il ne se trouvait pas qu'au théorème de Clausius il faut donner une nouvelle interprétation en ne lui attribuant

que la valeur d'une loi de statistique et en le faisant passer dans le domaine du calcul des probabilités. La théorie cinétique des gaz a fourni les premiers exemples de l'application des lois du hasard à des mouvements complexes régis par les lois de la mécanique et Maxwell a réussi à établir la règle statistique suivant laquelle les molécules d'un gaz en équilibre thermique se distribuent entre les diverses vitesses possibles. Il a énoncé un théorème fondamental sur l'équipartition moyenne de l'énergie cinétique d'agitation moléculaire entre les différents degrés de liberté dans le système, relatifs à la translation, la rotation, la vibration des molécules. Poincaré, dans une étude. dont nous ne pouvons ici que rappeler les résultats généraux, défendit les conclusions de Maxwell auxquelles Kelvin avait opposé certains arguments et c'est à ce moment que Gibbs et Boltzmann précisaient les nouveaux modes de raisonnement en constituant une mécanique statistique. Entrant dans ces vues, Poincaré s'élève à une généralisation de la notion de probabilité, d'où celle de Boltzmann sur une configuration de points pourrait se déduire, basée en particulier sur un théorème de Liouville relatif aux invariants intégraux d'un système d'équations différentielles. Il obtient ce qu'on peut appeler l'analogue du théorème de Clausius, sur l'accroissement spontané de l'entropie et une image de l'irréversibilité. Autrement dit, l'irréversibilité n'existerait plus pour nous, si nous pouvions suivre individuellement le mouvement de chacun des atomes dont la matière se compose. Le fait que nos observations n'atteignent que des grandeurs moyennes, la pression, la température, explique pourquoi nous devons compléter la dynamique moléculaire par le calcul des probabilités. Il existerait une entropie *fine,* inaccessible à nos connaissances actuelles qui reste constante ; l'entropie *grossière* au contraire analogue à l'entropie thermique croît spontanément comme l'implique le théorème de Clausius.

Dans une autre direction, l'analyse hardie de Poincaré conduit à des conclusions négatives sur la cause de la gravitation. L'hypothèse de Lesage présente une certaine plausibilité d'où l'on est tenté de déduire qu'elle pourrait résoudre le problème. Pour que la présence simultanée des deux corps, dans l'espace parcouru par les corpuscules, ait l'effet résultant voulu, il faut

que les chocs directs ne soient pas compensés par les chocs contraires dûs à la réflexion. En tenant compte des données fournies par l'astronomie sur la résistance possible offerte par le milieu aux corps circulants, Poincaré montre que l'énergie cinétique perdue par les corpuscules devrait, pour que l'attraction newtonienne en résultât, produire un échauffement extraordinairement rapide des corps, de l'ordre de 10^{26} degrés par seconde.

La dernière contribution de Poincaré à la physique mathématique porte sur les difficultés qu'entraîne l'application simultanée aux phénomènes du rayonnement de la mécanique électrodynamique et de la mécanique statistique. A l'intérieur d'une enceinte vide, en équilibre thermique, il s'établit une distribution permanente du rayonnement indépendante, en tant que composition spectrale et intensité, de la nature de l'enceinte, et qui dépend seulement de la température et présente un maximum d'énergie dans le spectre pour les longueurs d'onde les plus courtes, lorsque la température augmente. Lorentz a réussi à mettre les équations relatives aux électrons sous une forme telle que les raisonnements de la mécanique statistique leur deviennent applicables, et permettent de prévoir la configuration due à la loi de Maxwell. Or les conclusions qu'on en tire ne sont pas conformes à l'expérience et ne laissent prévoir aucun maximum d'énergie dans le spectre. Plank a pu retrouver une distribution conforme à l'observation par l'hypothèse que l'énergie de l'électron vibrant ne varie que d'une manière discontinue, par *quanta*. Poincaré se demande si cette hypothèse est inévitable, et, remontant de la loi expérimentale du rayonnement à la définition correspondante des probabilités, il conclut que le mouvement des électrons intérieurs aux atomes dont les vibrations sont observées ne peuvent pas être traités par des équations différentielles qui impliquent la continuité dans la distribution des probabilités. Dans certains cas, comme celui du rayonnement thermique, les discontinuités conservent une influence prépondérante sur les grandeurs moyennes accessibles à nos recherches. On en est donc réduit à penser que le puissant moyen d'investigation mathématique qui jusqu'ici a résolu les problèmes de la matière, le calcul différentiel, va

probablement faire défaut et à se demander si quelque nouvel instrument analytique sera découvert pour le remplacer.

En terminant, nous voulons essayer de résumer l'impression qu'on ressent devant cette étonnante multiplicité de recherches dans tous les domaines de la physique mathématique, devant cette puissante intelligence capable de maîtriser les problèmes que suscitent les faits expérimentaux et de confronter les théories et d'en signaler les points faibles. Et nous sommes conduit en même temps à parler de la tendance philosophique du penseur dans sa compréhension du rôle de la science et de la sécurité qu'elle inspire. Dans l'œuvre de Poincaré ce sont, on n'en peut douter, ses découvertes d'analyse mathématique qui constituent son titre de gloire le plus brillant, le plus incontestable ; dans ce domaine, rien ne s'oppose à sa marche vers le but qu'il s'est proposé, sinon les difficultés techniques qu'il est fait pour surmonter. Ces étranges entités qui ne sont en définitive que les clés du mécanisme de la logique, les fonctions de l'analyse, constituent un monde mystérieux dont le mathématicien seul a l'accès, et une nouvelle création dans cette sphère sans limite est peut-être ce qui peut donner de la portée de l'entendement humain la preuve la plus surprenante. En abandonnant l'espace immatériel et chimérique qu'enfante la pensée mathématique pour se livrer au monde réel que régit la matière, le penseur ne peut se défendre d'un certain dédain pour les restrictions sans nombre qu'apporte à ses conceptions la réalité. Tout en asservissant la théorie à concorder strictement avec les faits, il concevra par derrière elle comme une sorte d'élasticité lui permettant de se plier à une autre compréhension des phénomènes et de rentrer dans une règle plus générale dont elle est un cas particulier. Cette possibilité de transformation de la théorie, en lui donnant non une nouvelle base, mais en la dirigeant suivant d'autres principes ne peut apparaître clairement qu'à un esprit supérieur aux difficultés techniques, mais en même temps doit diminuer forcément chez lui le besoin d'avoir recours à l'image matérielle des phénomènes pour en trouver l'explication, puisque cette explication pourra s'appliquer à une autre image, à un autre schéma. Ces considérations semblent faire comprendre

comment Poincaré, guidé par sa propre mentalité et sa virtuosité mathématique, a dû être amené à donner une importance accessoire à la conception matérielle qui est le point de départ d'une théorie et à se résigner, comme il l'a dit, à ignorer le fond des choses. Mais si c'est là une conséquence inévitable de la complexité des phénomènes et de l'invasion de la mécanique statistique, d'où viendrait que les hypothèses précises des physiciens sont tout aussi nombreuses que par le passé et que par exemple, celle qui assimile l'atome à un résonnateur a une importance actuelle qu'on ne saurait contester. Il est vrai qu'un résonnateur est déjà une combinaison matérielle très complexe, mais la nécessité de prendre pour point de départ ce qu'on peut appeler un schéma n'en est pas moins rendue évidente. Peut-être pourrait-on résumer le rôle prépondérant du mathématicien dans la contribution de Poincaré à la physique en disant que son autorité incontestée a corroboré ou modifié des théories importantes, mais qu'il n'a pas cherché à projeter sur le monde réel une conception qui lui aurait été personnelle, comme il l'a fait dans le domaine de l'analyse. Il est possible qu'une période plus tardive de sa trop courte carrière eût valu au monde savant comme une théorie des théories de la matière dont les éléments sont en germe dans plusieurs de ses contributions à la philosophie de la science.

On a pu parler du scepticisme de Henri Poincaré, mais sur le terrain vraiment scientifique cette expression est injustifiée. Toutes ses recherches portent l'empreinte d'une foi sincère dans la valeur des conclusions théoriques déduites des faits expérimentaux. On le voit user de son autorité pour solliciter les expérimentateurs de compléter leurs recherches par des données complémentaires. Telle est dans la note IV de l'ouvrage *Electricité et Optique,* la remarque que lui suggère une lettre de Hertz, quand il dit : « Il convient d'imiter la sage réserve de M. Hertz et de s'abstenir de conclure jusqu'à ce que de nouvelles expériences aient éclairci la question ». Dans le volume intitulé *La valeur de la science,* le passage suivant est à retenir. « La science prévoit, et c'est parce qu'elle prévoit qu'elle peut être utile et servir de règle d'action. J'entends bien que ses prévisions sont souvent démenties par l'évène-

ment ; cela prouve que la science est imparfaite et si j'ajoute qu'elle le restera toujours, je suis certain que c'est là úne prévision qui, elle du moins, ne sera jamais démentie. Toujours est-il que le savant se trompe moins qu'un prophète qui prédirait au hasard ».

Quand au scepticisme philosophique qu'il est malaisé de définir, on conçoit que certaines thèses soutenues par Poincaré l'en fasse accuser, bien qu'à tort. Telle, par exemple, l'hypothèse, dans le volume bien connu *Science et hypothèse,* d'un monde renfermé dans une sphère, mais soumis à des lois desquelles résulte que ce monde apparaît aux hommes qui y habitent comme infini et que la conception mathématique de l'espace se formule par une géométrie non euclidienne. La géométrie euclidienne sur laquelle repose la quasi certitude de nos connaissances serait donc sujette à caution. Non, la pensée de Poincaré est que d'autres géométries que l'euclidienne pourraient formuler les propriétés de l'espace si les lois qui régissent la matière étaient autres, mais puisque l'espace, en définitive, n'est que l'une des conditions inséparables de tout phénomène de la matière, les lois qui la régissent étant admises, la géométrie euclidienne nous semble bien s'en suivre. On n'ose guère aller plus avant en cherchant à pénétrer dans la mentalité de ce grand penseur, respectueux que l'on est de la réserve qu'il a gardée sur sa manière d'envisager la finalité suprême. Il existe habituellement un lien subtil entre la source de notre activité et ce qui pour nous est la raison d'être de la pensée de l'homme. Nous y trouvons un point d'appui pour nos croyances intimes qui nous inspire de la confiance dans l'inconnaissable et ne nous laisse pas soupçonner le connaissable de duperie à notre égard. Le scepticisme est une lacune. Le vrai sceptique ignore cette solidarité avec l'inconnu et se croit volontiers en butte aux ruses de l'intelligence, complice des apparences mensongères. Mais si la subtilité de la pensée poussée à ce degré est une difformité de l'entendement, il faut reconnaître aussi que la naïveté qui fait accepter trop aisément, comme certaines, des conclusions hasardées est une fâcheuse qualité. Elle porte atteinte à la dignité de la science et au respect qu'elle doit inspirer. Entre ces deux extrêmes que de nuances et où faut-il

commencer à critiquer le savant et le penseur qui se refuse à donner une existence réelle à des données hypothétiques souvent éphémères, ou celui qui, trouvant dans la croyance à cette existence objective une force morale efficace pour ses travaux, affirme la forme et le nombre des plus petites portions de la matière, comme s'il les avait vues ou touchées du doigt. Par la puissance de sa dialectique et surtout par suite de la faculté maîtresse chez lui de saisir d'emblée tous les éléments d'une question puis de les retourner sur toutes leurs faces, Poincaré a pu sembler obéir quelquefois à une tendance restrictive, mais elle ne s'est jamais exercée qu'au service de la vérité.

OBSERVATIONS

FAITES PENDANT

L'ÉCLIPSE DE SOLEIL DU 21 AOUT 1914

A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

RÉSUMÉ PAR

Raoul GAUTIER

Directeur

L'éclipse de soleil du 21 août écoulé, visible comme éclipse partielle dans l'Europe occidentale, était, d'une façon générale, plus importante que celle du 17 août 1912[1], mais pour nous, à Genève, elle a été moins intéressante. Elle était en effet plus importante, parce qu'elle était totale dans la partie orientale de notre continent, tandis que celle du 17 avril 1912 se trouvait à la limite des éclipses totales et des éclipses annulaires; elle était moins intéressante pour nous, parce que la ligne de l'éclipse centrale passait sensiblement plus loin.

La bande de totalité commençait, au lever du soleil, aux îles du Prince Albert, traversait le nord du Groenland, puis, au delà de l'Atlantique, coupait la Scandinavie, des îles Lofoten du sud à Hernosand, la mer Baltique, la Russie, du fond du golfe de Riga à la Crimée orientale, la mer Noire, l'Asie mineure, la Perse, le Beloutchistan et se terminait dans l'Hindoustan occidental. L'Europe orientale se trouvait ainsi dans de bonnes conditions pour l'observation du phénomène, puisque celui-ci se produisait peu après midi et y durait partout plus

[1] *Archives*, 1912, t. XXXIII, p. 381, mai 1912.

de deux minutes, avec un maximum de $2^m\ 14^s$ aux environs de Minsk.

Beaucoup d'expéditions avaient été organisées par les Scandinaves et les Russes d'abord, puis par les autres Etats d'Europe et d'Amérique. Mais l'état de guerre presque général en Europe en a entravé beaucoup. Plusieurs, qui étaient parties avant la mobilisation, ont été arrêtées en route. D'autres, complètement organisées et prêtes à partir, ont retardé leur départ... et ne sont pas parties ; celà a été le cas en particulier de celle M. E. Schaer, astronome-adjoint à l'observatoire de Genève, qui devait aller s'installer près de Kiew, en traversant tout l'empire d'Autriche-Hongrie.

On ne sait rien encore des résultats que les astronomes, assez privilégiés pour avoir pu observer le phénomène dans la partie centrale, auront pu obtenir. Comme d'autre part le temps a été nuageux dans l'Europe occidentale, le 21 août, et quoique les observations faites à Genève ne présentent pas un très grand intérêt, nous croyons cependant qu'il ne sera pas superflu de les exposer succinctement ici.

Les éléments de l'éclipse que nous avions donnés[1] prévoyaient le commencement de l'éclipse partielle à midi 13^m, le milieu à $1^h\ 25^m$ et la fin à $2^h\ 40^m$ [2]. La grandeur de l'éclipse était des deux tiers environ du diamètre du soleil, tandis qu'en août 1912, elle atteignait presqu'exactement les neuf dixièmes de ce diamètre.

La nuit du 20 au 21 août avait été pluvieuse et, le matin du 21, le temps était couvert ; cependant il manifesta bientôt une tendance à s'améliorer et s'éclaircit réellement depuis 11 heures. A midi, il n'y avait plus que quelques petits nuages, d'espèces variées : cirro-stratus, cirro-cumulus, alto-cumulus et cumulus sur le Jura. Durant toute l'éclipse, le soleil a brillé

[1] *Journal de Genève* du 19 août 1914.

[2] Cette dernière indication était erronée de plus de trois minutes par le fait d'une erreur dans le tableau publié par l'*Annuaire du Bureau des Longitudes*, pour 1914 (p. 58), erreur relevée dans le *Bulletin de la Société astronomique de France* (p. 361), n° d'août 1914.

dans un ciel relativement clair, sauf un petit nuage un peu avant 2 heures.

Par le fait de la mobilisation, le personnel de l'observatoire était passablement réduit. Nous avons eu seulement, sur place, l'assistance de M. R. Charrey. Nous devons aussi quelques indications intéressantes à mon honoré collègue, M. le professeur S. Laskowski qui observait chez lui avec son excellente lunette équatoriale de Goerz de 12 centimètres, ainsi qu'à MM. F. Le Coultre et M. Millioud qui observaient aussi à Genève avec de petits instruments de bonne qualité optique.

Je résume brièvement les principaux résultats obtenus pendant un peu plus de deux heures que l'éclipse a duré.

Observateurs	Instruments	Grossissement	Instant
	Premier contact		h. m. s.
Gautier.....	Chercheur de comètes de Merz (10 cm.) ..	Par projection	12 13 48
Pidoux.....	Equatorial Plantamour (27 cm.).........	40 fois	47
Schær	Cassegrain (21 cm.) 5 m. de longueur focale	Par projection	48.5
Marmet	Lunette de Ramsden (55 mm.)..........	»	48.5
	Milieu de la tache (disparition)		
Gautier.....	Chercheur de comètes (10 cm.)	Par projection	12 40 33
Schær	Cassegrain (21 cm.)	»	45
LeCoultre ..	Réflecteur Newtonien (66 mm.).........	50 fois	42
Millioud ...	Lunette (50 mm.)	Par projection	45
	Milieu de la tache (réapparition)		
Pidoux.....	Equatorial Plantamour (27 cm.)	180 fois	1 39 41
Schær	Cassegrain (21 cm.)................	Par projection	40 (déjà passé)
Millioud ...	Lunette (50 mm.)......................	»	39 32
	Dernier contact		
Gautier	Chercheur de comètes (10 cm.)..........	Par projection	2 36 27
Pidoux.....	Equatorial Plantamour (27 cm.).........	180 fois	27
Schær	Cassegrain (21 cm.)..........	Par projection	28
Marmet	Ramsden (55 cm.)..	»	27
Laskowski..	Gœrz (12 cm.)	46 fois	30
LeCoultre .	Réflecteur (66 cm.).....................	50 fois	14
Millioud ...	Lunette (50 cm.)	Par projection	19

Contacts. Aux instants des contacts extérieurs, s'ajoutaient ceux du bord de la lune avec une tache régulière et de dimensions moyennes qui se trouvait dans l'hémisphère nord du soleil, à l'ouest du méridien central et à une latitude héliographique de + 25° à + 30°.

Dans le tableau de la page précédente les instants sont donnés en temps moyen de l'Europe centrale.

Montagnes de la lune. Pendant toute la durée du phénomène les aspérités du limbe lunaire ont été nettement visibles, surtout du côté est. On ne peut pas les apercevoir sur les quelques photographies que M. Schaer a pu prendre avec son Cassegrain. Un dessin de MM. Le Coultre et Millioud les indique d'une façon intéressante, mais à une échelle intentionnellement exagérée.

Variation de la température. J'ai fait prendre, à intervalles réguliers, la température aux thermomètres normaux de la station météorologique par M. J. Marmet. Voici le tableau des températures relevées au thermomètre à boule sèche et les valeurs de la fraction de saturation ; on y a joint l'indication de la direction du vent qui, comme on peut le constater, a été assez constant et soufflait avec une faible intensité.

Heures	Température	Fraction de saturation	Vent
h. m.	°		
12 16	19,1	80	ESE 0
30	19,8	77	N 1
45	19,4	76	N 1
1 00	18,8	77	N 1
15	19,0	81	NW 1
30	19,0	79	N 1
45	19,4	76	NNE 1
2 00	18,8	79	N 1
15	19,2	81	N 1
30	19,4	81	N 1
40	19,4	81	N 1

Les changements de température ont donc été assez faibles.

L'inspection des diagrammes des *thermographes* fournit les

indications suivantes : température assez constante (de 19° à 19°,4), de midi à 2 heures, puis ascension de près d'un degré après 2 heures. La température maximum enregistrée au thermomètre à maximum a été de 21°,2. D'après le tracé du thermographe Richard, grand modèle, de l'observatoire, cette température a été atteinte deux fois : à $10^h 35^m$, avant l'éclipse par vent du SSW, puis à $2^h 35^m$ après l'éclipse par vent du nord (brise du lac). Sur mon thermographe de même modèle installé à Cologny, à 3 km. de l'observatoire et à l'abri de la brise du lac, il n'y a eu qu'un seul maximum, vers $2^h \frac{1}{2}$, (22°,6, au thermomètre à maximum), mais l'allure générale de la courbe est la même et accuse aussi une constance assez grande de midi à $1^h \frac{1}{2}$, puis une ascension rapide de près de deux degrés.

La *nébulosité* générale n'a rien présenté de particulier, sauf la présence d'un petit nuage vers 2 heures.

Insolation. Les deux héliographes Campbell-Stokes, installés sur le toit de l'observatoire, ont donnés des indications parfaitement concordantes. Le nuage qui a passé devant le soleil avant 2 h. a interrompu le tracé. Auparavant, il y a eu, sur les deux cartons sensibles, une atténuation marquée de l'insolation, de midi 50^m à 2 heures. L'atténuation est plus accusée naturellement sur le tracé de l'ancien héliographe, moins sensible, mais le maximum d'atténuation concorde sur les deux diagrammes et correspond au milieu de l'éclipse entre $1^h \frac{1}{4}$ et $1^h \frac{1}{2}$.

L'impression physiologique du froid a été sensible au moment de la phase maximum, d'après des témoignages concordants, mais, à l'observatoire même, sur la terrasse située au midi de l'ancien bâtiment, on doit l'attribuer à la diminution de l'insolation. Elle a d'ailleurs été beaucoup moins marquée que lors de l'éclipse du 17 avril 1912.

Il en a été de même pour la diminution de l'éclat du soleil entre 1^h et $1^h \frac{1}{2}$. Elle a cependant été réelle ; et le ciel, plus que les objets terrestres, a pris la teinte grise un peu cendrée habituelle aux éclipses de soleil un peu marquées et sensible surtout dans les éclipses totales, immédiatement avant et après la totalité.

COMPTE RENDU DES SÉANCES

DE LA

SOCIÉTE VAUDOISE DES SCIENCES NATURELLES

Séance du 6 mai 1914

Ch. Linder. Culture des éponges.
Arthur Maillefer. Les expériences de M. R. Noack sur l'héliotropisme.

M. Ch. Linder résume le travail de F. Moore sur les essais de *culture des éponges* entrepris par le Département des Pècheries des Etats-Unis.

Les éponges, décimées par une exploitation qui l'emporte sur leur vitesse de reproduction, massacrées aussi en pure perte par certains procédés de pêche, vont au-devant de leur extinction. Parmi les moyens essayés pour multiplier l'éponge par culture, la reproduction par voie sexuée ainsi que le greffage ne donnent que des résultats négligeables pour la pratique. Le bouturage, au contraire, avec culture des boutures suspendues sur fils métalliques ou fixées sur des supports en ciment, a donné un rendement avantageux par la quantité et la qualité. Ce procédé, simple et sûr, n'entraînant qu'une faible mortalité des éponges, a toutes les chances de pouvoir être employé avec succès sur une vaste échelle.

M. Arthur Maillefer présente et critique *les expériences de M. R. Noack sur l'héliotropisme*[1].

Eclairant des plantes d'avoine et de moutarde avec de la lumière sensiblement parallèle sous des directions faisant différents angles avec l'axe des plantes maintenues verticalements, M. Noack a

[1] K. Noack, Die Bedeutung der schiefen Lichtrichtung für die Helioperzeption parallelotroper Organe. *Zeitschr. f. Bot.* Vol. 6. I. 1914.

déterminé la quantité minimum (en bougies-mètres-secondes) nécessaire pour provoquer une courbure héliotropique ; ses résultats sont consignés dans le tableau suivant pour l'avoine.

Angle. . .	9°	15°	30°	45°	65°	90°
b. m. s. . .	7.5	7.3	9.5	11.9	11.8	12.2

Angle. . .	105°	120°	135°	150°	160°
b. m. s. . .	15.8	20.3	23.7	32.4	59.6

Il ressort de ce tableau que le seuil de perception (en bougies-mètres-secondes) croît continuellement à partir de l'éclairement vertical de haut en bas jusqu'à la position d'éclairement de haut en bas ; autrement dit la sensibilité de la plante serait maximum pour un éclairage de haut en bas et nulle pour un éclairage inverse. Ces résultats sont intéressants, mais on peut adresser les critiques suivantes au dispositif expérimental.

1° Pour obtenir le parallélisme des rayons lumineux par un éloignement de la source lumineuse, l'auteur a utilisé 2 ou 3 miroirs ; or, ces miroirs doivent polariser (faiblement) la lumière réfléchie ; comme ils font des angles divers entre eux suivant l'incidence expérimentée, il doit y avoir une absorption variable de lumière par les miroirs.

2° La lumière qui frappe la plante est partiellement polarisée ; comme la plante peut être comparée à un miroir cylindrique sans tain, suivant le plan de la polarisation, il pénétrera plus ou moins de lumière dans la plante.

3° La plante d'avoine n'est pas un cylindre ; elle a une forme ogivale ; l'incidence de la lumière venant d'en haut n'est pas la même que celle venant d'en bas pour un même angle dans les deux cas avec la verticale. Pour ces raisons, il serait bon que ces expériences fussent reprises en éliminant les causes d'erreur. En comparant les résultats trouvés pour le géotropisme, on pourrait s'attendre à trouver que le temps de présentation soit proportionnel au carré du sinus de l'angle que l'axe de la plante fait avec la direction de la lumière, c'est-à-dire que son seuil de perception soit proportionnel au sinus de cet angle.

Séance du 20 mai

B. Galli-Valerio. Sur le rôle pathogène des helminthes. — A. Bonard. La formation des alluvions de la plaine du Rhône entre Villeneuve et Rennaz. — Fréd. Jaccard. Sur quelques observations sur la baguette divinatoire.

M. B. Galli-Valerio expsose le résultat des études *sur le rôle pathogène des helminthes,* rôle qui peut être distingué en direct

(Mécanique et toxique) et indirect (Transport et inoculation d'autres parasites). De ces études résulte l'importance toujours plus grande des helminthes comme agents de maladie chez l'homme et les animaux, et la nécessité de lutter contre eux.

M. A. Bonard. — *La formation des alluvions de la plaine du Rhône entre Villeneuve et Rennaz.*

M. Fréd. Jaccard présente les faits signalés dans une publication de M. Paul Lemoine sur *quelques observations sur la baguette divinatoire.*

Séance du 3 juin

L. Horwitz. Encore sur l'écoulement du Rhin alpin. — Id. Sur l'extension du glacier du Rhône dans les Alpes fribourgeoises pendant l'époque glaciaire. — Maurice Lugeon. Présentation d'une sarigue-opossum vivante (Didelphys virginiania). — Id. Roche présentant des stries dues à l'érosion fluviale.

L. Horwitz. — *Encore sur l'écoulement du Rhin alpin.*

Tout récemment a paru un mémoire de M. E. Roder sur les précipitations et l'écoulement du Rhin grison. M. Roder a omis de mentionner les travaux de l'auteur concernant le même sujet, de même M. L.-W. Collet, le directeur de l'Hydrographie Nationale suisse, dans sa préface qui précède le mémoire mentionné, passe sous silence les notes de l'auteur, à lui pourtant bien connues.

Pour ces raisons, l'auteur est obligé de rappeler qu'il a publié deux notes, concernant l'écoulement du Rhin alpin. L'une d'elles a été communiquée dans la séance de la Société vaudoise des Sciences naturelles du 24 janvier 1912 et a été imprimée dans les procès-verbaux de la dite Société. (Quelques rapprochements entre le climat, la glaciation et l'écoulement dans le bassin du Rhin alpin.) — Un an après, l'auteur a publié un second mémoire plus ample (Bulletin de la Société vaudoise des Sciences naturelles, vol. 49, mars 1913: Sur une particularité de l'écoulement du Rhin alpin, p. 23-57), où il s'est occupé en détail d'un problème, esquissé déjà dans sa première note.

Dans une note prochaine l'auteur se propose d'analyser un peu plus en détail le mémoire de M. Roder, en notant la conformité et les divergences de ses vues à lui avec les siennes.

M. Maurice Lugeon approuve M. L. Horwitz dans sa revendication de priorité. On peut être surpris que dans la publication de M. Roder il ne soit pas fait mention de deux travaux récents du

premier de ces deux auteurs sur le même sujet, d'autant qu'il s'agit de travaux publiés en Suisse. C'est un fait que l'on ne peut que regretter, mais on peut être certains que les spécialistes sauront reconnaître à chacun ce qui lui est dû.

L. Horwitz. — *Sur l'extension du glacier du Rhône dans les Alpes fribourgeoises pendant l'époque glaciaire.*

Grâce aux travaux de Gilliéron et de Nussbaum, on sait que pendant la plus grande glaciation (Riss) le glacier du Rhône s'est avancé très loin dans la vallée de Javroz (Echelettes 1280 m., Grattavache 1300 m.). Quant à l'auteur, il a trouvé en plusieurs endroits des blocs de flysch erratiques. Ces blocs ont été trouvés à des altitudes si élevées (1435-1440 m. au-dessous de Bigitoz; 1420 m. à la Chaux-du-Vent, au-dessous du col) et si éloignés de cette roche en place qu'il est très difficile à expliquer leur présence autrement que par le transport par le glacier du Rhône. Il s'ensuivrait que le glacier du Rhône de la vallée de Javroz a passé par le col de la Ballisaz (1416 m.) dans la région du Lac Noir et de la Singine, où il a rejoint son bras gauche qui a passé au nord de la zone du flysch (Gillieron : Poudingue de Vallorcine, au sud de Pfeife à l'altitude 1340-1360 m.). Un troisième bras du glacier du Rhône aurait passé par le vallon de Liderrey (près de Charmey), par le col 1430 m. et par le vallon de la Chaux-du-Vent pour rejoindre bientôt (dans la région du Pré-de-l'Essert) le deuxième bras.

De telle manière, pendant la plus grande extension des glaces de l'époque glaciaire, non seulement le massif de la Berra aurait formé une île-nunatak dans les glaces, mais aussi une partie des Alpes proprement dites (Préalpes médianes massif Arsajoux).

M. Maurice Lugeon présente une *sarigue-opossum* vivante (Didelphys virginiania) qu'il rapporte de la Caroline du nord. Ce petit animal carnivore est relativement abondant dans les grandes forêts. On le chasse de nuit à l'aide de chiens dressés spécialement.

M. Lugeon présente encore un gros exemplaire de *roche qui présente ces stries* si spéciales *dues à l'érosion fluviale.* Cet échantillon provient également de la Caroline. Il a été détaché dans le lit de la rivière Yadkin, comme les exemplaires qu'il a eu l'occasion de montrer à la Société au retour d'un précédent voyage.

BULLETIN SCIENTIFIQUE

Mémoires de la Société de physique et d'histoire naturelle de Genève

GÉOLOGIE

La Société de physique de Genève a produit au cours de ces derniers mois un effort tout particulier au point de vue de ses publications. De décembre 1913 à août 1914 elle n'a pas édité moins de quatre fascicules de ses mémoires in-4°. Nous pensons bien faire d'en indiquer les titres aux lecteurs des *Archives,* sans entreprendre l'analyse de ces travaux dont les Comptes rendus de la Société de physique ont déjà donné un aperçu sommaire.

Vol. 37, fasc. 4. Etienne Joukowsky et Jules Favre, Monographie géologique et paléontologique du Salève (Hte-Savoie, France), avec une carte géographique en couleurs et 56 figures dans le texte, décembre 1913.

Vol. 38, fasc. 1. Eugène Penard, Les Cothurnidés muscicoles, avec 5 planches, mai 1914.

Vol. 38, fasc. 2. Louis Duparc et Marguerite Tikanowitch, Recherches géologiques et pétrographiques sur l'Oural du nord, le Bassin des rivières Wagran et Kathava (4me mémoire), avec 11 figures et 2 planches, août 1914.

Vol. 38, fasc. 3. Jules Favre, Observations sur les rapports entre la flore du Salève et la géologie de cette montagne (note additionnelle à la monographie géologique et paléontologique du Salève), avec 3 figures dans le texte, août 1914.

Les Rapports annuels de la Société de physique pour 1912 et 1913 figurent dans les fascicules 50 du vol. 37 et 1 du vol. 38.

Nous croyons savoir que la *monographie du Salève* par MM. Joukowski et Favre est déjà considérée par plusieurs autorités professorales comme un modèle du genre à proposer à l'étude des futurs géologues. Dans le but de rendre le plus utile possible cette publication au personnel universitaire, il a été fait un tirage à part de la carte géologique du Salève qu'elle renferme. On peut se la procurer à la librairie Georg et Cie (Genève, Bâle et Lyon). La même librairie a assumé les risques de l'édition d'une carte topographique du Salève en utilisant et complétant la lithographie de la carte géologique. Cette carte topographique promet de rendre des services précieux aux touristes, en leur donnant un exact relevé de tout le détail du relief du massif auquel elle se rapporte.

Le mémoire sur l'Oural du Nord est la quatrième tranche des considérables recherches entreprises par le professeur L. Duparc et ses collaborateurs sur la pétrographie d'une vaste région dont il a poursuivi pendant une série d'étés l'étude systématique et qui lui devient chaque année plus familière. On a pu lire dans les *Archives* de nombreuses communications partielles des auteurs sur les découvertes faites par eux au cours de leurs campagnes.

Enfin dans la note additionnelle à la monographie du Salève, M. J. Favre expose les intéressants rapprochements qu'il a été à même de faire entre la composition du sol et la répartition de la flore sur divers points de cette montagne [1].

Pour le mémoire de M. E. Penard, voir plus loin sous le titre : Zoologie.

ZOOLOGIE

E. Penard. Les Cothurnidés muscicoles. *Mém. Soc. de phys. et d'hist. nat.*, vol. 38.

Comme on l'a vu plus haut, la *Société de physique et d'histoire naturelle* a fait paraître dans le *fascicule 1 du volume 38 de ses Mémoires* (Mai 1914) une étude de M. E. Penard *sur les Cothurnidés muscicoles.*

Les Cothurnia et quelques genres alliés peuvent être considérés comme des infusoires essentiellement bryophiles. Comme d'autres éléments de la faune muscicole, ils ont été très peu étudiés jusqu'ici. M. Penard leur dédie une étude morphologique et systématique. Dans la première partie de son travail il fournit des

[1] C'est le développement de la communication qui figure en abrégé p. 72, vol. XXXVIII (1914) des *Archives*.

indications détaillées sur l'enveloppe, le corps, les cils tactiles, la vésicule contractile, les vacuoles de nourriture, les « vacuoles de fatigue ou de famine », le noyau, etc. Il a suivi sur le vivant les phénomènes de division et décrit d'une façon très circonstanciée la construction de l'enveloppe. Un deuxième chapitre est dédié à la description de plusieurs espèces nouvelles dans les genres Cothurnia, Cothurniopsis et Vaginicola et à la révision d'espèces décrites par d'autres auteurs. Les nombreuses figures qui accompagnent cette étude montrent les divers stades du développement ou servent à préciser la caractéristique des espèces nouvelles.

Au point de vue zoogéographique il y a un fait intéressant à signaler : Deux espèces de Cothurnidés muscicoles, Cothurnia terricola et Cothurniopsis richtersi, qui sont assez fréquentes dans les environs de Genève, ont été trouvées à plusieurs reprises par l'expédition du Dr Charcot dans l'Antarctide. Ces deux espèces sont sans doute cosmopolites.

J. C.

LISTE BIBLIOGRAPHIQUE

des Travaux de Chimie faits en Suisse

1914

Mars

55. Baragiola (W. I.) und Godet (Ch.). Vergärung des Traubenmostes unter Paraffinöl. Wädenswil. Schweiz. Versuchsanstalt. — *Zeitschr. Gärungsphysiol.* **4.** 81.

56. Bloch (Jean-Jacques). Sur les dérivés de la lactophénine. *Thèse.* Genève (Dr Maron).

57. Briner (E.). Sur le caractère atomique de la dynamique chimique des systèmes gazeux. Genève. Lab. de ch. techn. et théor. — *J. ch. phys.* **12.** 109.

58. Dhéré (Ch.) et Burdel (A.). Sur la cristallisation d'une oxyhémoglobine d'Arthropode. Fribourg. — *Comptes rendus* **158.** 978.

59. Dony-Hénault (O.), Gall (H.) et Guye (Ph. A.). Principes et applications de l'électrochimie (Paris et Liège), Genève.

60. Duboux (Marcel). Dosage de l'acide tartrique du vin par volumétrie physico-chimique. Lausanne. — *Annales ch. anal.* **19.** 89.

61. Engi (G.). Ueber neue Derivate des Indigos und anderer indigoider Farbstoffe. Basel. Ges. für chem. Industrie. — *Zeitschr. angew. Ch.* **27.** 144.

62. Germann (Albert F. O.). Révision de la densité de l'oxygène. Contribution à la détermination de la densité de l'air à Genève. Genève. Lab. de ch. physique de l'Université. — *J. ch. phys.* **12.** 66.

63. Heide (C. von der) und Baragiola (W. I.). Der Unterschied zwischen Säuregehalt und Säuregrad des Weines, dargelegt an zwei praktischen Beispielen. Geisenheim, Oenochem. Versuchstation und Wädenswil, Chem. Abt. der schweiz. Versuchsanstalt. — *Zeitschr. anal. Ch.* **53.** 249.

64. Helberg (Natan). Isomere Propylendiaminkobaltisalze. *Dissert.* Zürich (Prof. Werner).

65. Hirschfeld (L.) und Klinger (R.). Ueber das Wesen der Inaktivierung und der Komplementbildung. Zürich. Hyg. Inst. der Univ. — *Zeitschr. Immunitätsforschung* **21.** 40.

66. Kowalski (J. de). Sur un phénomène lumineux explosif dans l'azote raréfié. Fribourg. — *Comptes rendus* **158.** 625.

67. Kowalski (J. de). Sur les différents spectres du mercure, du cadmium et du zinc. Fribourg. — *Comptes rendus* **158.** 788.

68. Kowalski (Joseph v.). Elektrodenlose Ringentladung in Quecksilberdämpfen. Freiburg. Physikal. Inst. der Univ. — *Physikal. Zeitschr.* **15.** 249.

69. Leepin (Peter August). Zur Kenntnis der Ortho-Vanillins. *Dissert.* Bern (Prof. Tambor).

70. Lunge (G.) und Berl (E.). Taschenbuch für die anorganisch-chemische Grossindustrie. 5. Aufl. (Berlin) Zürich.

71. Maron (D.) und Bloch (J. J.). Ueber Acidylierung der aromatischen o-Diamine mit verschiedenen Säure-Resten. Genf. Org. Lab. der Univ. — *Berichte* **47.** 717.

72. Marton (Jules). Sur les nitro-amino-quinoléines. *Thèse.* Genève (Dr Kaufmann).

73. Niggli (P.). Neuere Beiträge zu einer physikalischen Chemie des Magmas. Zürich. — *Zeitschr. Elektrochem.* **20.** 156.

74. Oesterheld (G.). Die elektrochemische Oxydation des Ammoniaks. Basel. Anorg. Abt. der chem. Anstalt. — *Zeitschr. anorg. Ch.* **86.** 105 und *Dissert.* Basel (Prof. Fichter).

75. Peyer (Heinrich). Sur la synthèse de la néoquine. *Thèse.* Genève (Dr Kaufmann).

76. Pfau (Herm.). Zum Nachweis von Albumin im Harn in Gegenwart von Hexamethylentetramin. Basel. Physiol.-chem. Lab. — *Schweiz. Apotheker-Zeitung* **52.** 162.

77. Pfeiffer (P.). Zur Konstitution der Chinhydrone. Zürich. Chem. Inst. der Univ. — *Annalen* **404.** 1.

78. Philippe (E.). Ueber sogenannte Kropfwässer vom Standpunkte des Chemikers. Bern. Lab. des schweiz. Gesundheitsamtes. — *Mitt. Lebensmittelunters.* **5.** 1.

79. Rothschild (Salomon). Ueber innere komplexe Salze von o-Nitrosophenol und von Arylnitrosohydroxylaminen. *Dissert.* Zürich (Dr Baudisch).

80. Sobel (L. L.). Lecithin im Bier. Basel. Chem. Lab. — *Schweiz. Apotheker-Zeitung* **52.** 173. 192.

81. Steinfels (W.). Zur Frage der Bestimmung des Glycerins. Zürich. — *Chem.-Zeitung* **38.** 359.

82. Stettbacher (Alfred). Essai de synthèse de la morphidine. *Thèse.* Genève (Dr Kaufmann).

83. Stiner (O.) und Abelin (S.). Ueber den Einfluss des ultravioletten Lichtes auf hämolytische Amboceptoren. Bern. Univ.-Inst. zur Erforschung der Infektionskrankheiten. — *Zeitschr. Immunitätsforschung* **20.** 598.

84. Timmermans (Jean). Le propane pur ; poids du litre normal. Genève. — *Comptes rendus* **158.** 789.

85. Verda (A.). Die Phosphormolybdänsäure als Reagens zum chemischen sowie mikrochemischen Nachweis der Safranverfälschungen. Lugano. Chem. Kantonslab. — *Chem.-Zeitung* **38.** 325.

86. Wiegner (Georg). Ueber die Abhängigkeit der Zusammensetzung der Kuhmilch vom Dispersitätsgrade ihrer Einzelbestandteile. Zürich. Agr.-chem. Lab. der techn. Hochschule. — *Zeitschr. Unters. Nahrungsmittel* **27.** 425.

87. Woker (Gertrud). Ein Beitrag zur Theorie der Oxydationsfermente. Ueber Peroxydase und Katalase. Reaktionen des Formaldehyds und Acetaldehyds. Bern. Inst. für physikal., chem. Biologie der Universität. — *Berichte* **47.** 1024.

88. Zeller (Otto). Recherches sur la synthèse des alcaloïdes des quinquinas. *Thèse.* Genève (Dr Kaufmann).

89. Zwicky (E.). Ueber Channa, ein Genussmittel der Hottentotten. Zürich. Pharm. Abt. der techn. Hochschule. — *Vierteljahrsschr. der naturf. Ges. in Zürich* **58.** 371.

Avril

90. Baragiola (W. I.). Ueber das Vorkommen von Lecithin im Bier und im Weine. Wädenswil. Schweiz. Versuchsanstalt. — *Schweiz. Apotheker-Zeitung* **52.** 217.

91. Barladean (A. G.). Ueber sterilisiertes destilliertes Wasser. Bern. Botan. Inst. der Univ. — *Schweiz. Apotheker-Zeitung* **52.** 205.

92. Baume (Georges). Remarques sur le mécanisme de la réaction chimique. Genève. — *Comptes rendus* **158.** 1177.

93. Dubsky (J. V.). Die quantitative Mikroelementaranalyse organischer Substanzen nach Fritz Pregel. Zürich. — *Chem.-Zeitung* **38.** 505. 510.

94. Everest (Arthur Ernest). Untersuchungen über die Anthocyane, insbesondere über den Farbstoff der Kornblume. *Dissert.* Zürich (Prof. Willstätter).

95. French (Helen Somersby). The Absorption Spectra of certain Chromium Salts. *Dissert.* Zürich (Prof. Werner).

96. Gassmann (Th.). Nachtrag zur Darstellung des Phosphatocalciumchlorids (aus Knochen- und Zahnasche). Zürich. — *Zeitschr. physiol. Ch.* **90.** 250.

97. Greinacher (H.). Das Ionometer und seine Verwendung zur Messung von Radium- und Röntgenstrahlen. Zürich. Physikal. Inst. der Univ. — *Physikal. Zeitschr.* **15.** 410.

98. Häussler (E. P.). Reaktionen des Vanillins. Freiburg. — *Zeitschr. anal. Ch.* **53.** 363.

99. Kohlschütter (V.) und Frumkin (A.). Ueber die Bildung von rotem Phosphor durch Oxydation von Phosphordampf. Bern. Anorg. Lab. der Univ. — *Berichte* **47.** 1088.

100. Lifschitz (J.). Ueber die polychromen Salze der Oximidoketone. Zürich. Chem. Lab. der Univ. — *Berichte* **47.** 1068.

101. Schlaepfer (V.). Beiträge zur Photoaktivität des Blutes. Basel. Med. Univ.-Klinik. — *Zeitschr. Biol.* **63.** 521.

102. Schonlau (Rudolf). Elektrochemische Reduktion und Oxydation nitrierter Rhodanbenzole. *Dissert.* Basel (Prof. Fichter).

103. Sperber (Joachim). Verdrängung von Säuren durch Wasserstoffsuperoxyd. Zürich. — *Schweiz. Apotheker-Zeitung* **52.** 245.

104. Spindler (O. v.). Quelques observations analytiques sur le lait maternel. Zurich. — *J. suisse de pharm.* **52.** 235.

105. Vogel (Hans). Ueber die Viscosität einiger Gase und ihre Temperaturabhängigkeit bei tiefen Temperaturen. Bern. Physik.-chem. Inst. der Univ. *Ann. der Physik* **43.** 1235.

106. Wetter (Otto). Sur le bromure de 2.4.6-trinitrobenzyle et ses dérivés. *Thèse.* Genève (D[r] Reich).

107. Wunder (M.) und Wenger (P.). Ueber eine Trennung von Beryllium und Uranium. Genf. Lab. für anal. Ch. der Univ. — *Zeitschr. anal. Ch.* **53.** 371.

Mai

108. Bach (A.). Recherches sur les ferments réducteurs. Genève. — *Archives des Sc. phys. et nat.* **37.** 409.

109. Baur (E.) und Trümpler (G.). Ueber die colorimetrische Bestimmung von Kreatin. Zürich. Physikal.-chem. Lab. der techn. Hochschule. — *Zeitschr. Unters. Nahrungsmittel* **27.** 697.

110. Bernoulli (A. L.). Eine elementare Herleitung des Planckschen Strahlungsgesetzes. Basel. Physikal.-chem. Lab. der Univ. — *Zeitschr. Elektroch.* **20.** 269.

111. Besson (A. A.). Die Bestimmung des Fettsäurengehaltes in Seifen. Basel. — *Chem. Zeitung* **38.** 645. 686.

112. Beuttner. Sobels quantitativer Nachweis von Azeton im Harn. Basel. — *Schweiz. Apotheker-Zeitung* **52.** 293.

113. Chou (Tsan Quo). Essais de synthèse de la corydaline. *Thèse.* Genève (Prof. Pictet).

114. Fichter (Fr.) und Braun (Fritz). Die elektrolytische Oxydation organischer Schwefelverbindungen. Basel. Anorg. Abt. der chem. Anstalt. — *Berichte* **47.** 1526.

115. Haerry (Hans). Sur l'isomérie des oximes. *Thèse.* Genève (Dr Kaufmann).

116. Häussler (E. P.). Beiträge zur Kenntnis des Reifens des Kognaks. Freiburg. Kantonales Lab. — *Zeitschr. öffentl. Ch.* **20.** 184.

117. Häussler (E. P.). Die chemische Zusammensetzung der Würzelchen der Kakaobohnen. Freiburg. — *Archiv der Pharm.* **252.** 82.

118. Häussler (E. P.). Die Bestimmung von Brechweinstein in zusammengesetzten Arzneimitteln mit Hilfe der Methode von Halenke und Möslinger. Freiburg. — *Pharm. Zeitung* **59.** 401.

119. Kreis (H.) und Baragiola (W. I.). Die Ermittlung der Aschenalkalität bei der Milchsäurebestimmung im Weine. Basel, Lab. des Kantonschemikers und Wädenswil, Chem. Abt. der Versuchsanstalt. *Mitt. Lebensmittelunters* **5.** 124.

120. Lifschitz (J.). Umlagerung und Salzbildung bei Hydrazoketonen. Zürich. Chem. Lab. der Univ. — *Berichte* **47.** 1401.

121. Lifschitz (J.). Ueber innere Komplexsalze der Alkalimetalle. Zürich. Chem. Lab. der Univ. — *Zeitschr. physikal. Ch.* **87.** 562.

122. Maron (D.), Kontorowitsch (Marie) und Bloch (Jean-Jacques). Ueber einige Monoacidyl-o-phenylendiamin-acetonitrile und deren Ueberführung in die entsprechenden Diacidyl- und Benzimidazol-Derivate. Genf. Organ. Lab. der Univ. — *Berichte* **47.** 1347.

123. Mavros (Constantin G.). Etude analytique de l'action du carbonate de baryum sur le nitrate de cobalt en solution aqueuse. *Thèse*. Genève (Dr Wenger).

124. Pfeiffer (P.). Zur Kenntnis der sauren Salze der Carbonsäuren. Zürich. Chem. Univ.-Inst. — *Berichte* **47.** 1580.

125. Pfeiffer (Paul). Zur Hydrolyse des Zinnchlorids und Zinnbromids. Zürich. Chem. Univ.-Lab. — *Zeitschr. anorg. Ch.* **87.** 235.

126. Pfeiffer (P.) und Brack (O.). Basische Dialkylzinnsalze. Zürich. Chem. Univ.-Lab. — *Zeitschr. anorg. Ch.* **87.** 229.

127. Pictet (Amé). Alkaloide. Genf. — *Ullmann's Enzykl. der techn. Ch.* **1.** 223.

128. Pooth (Peter). Ueber die Einwirkung der Benzil- und der Diphenylchloressig-säure auf aromatische Nitrile. *Dissert.* Freiburg (Prof. Bistrzycki).

129. Reverdin (Frédéric) et Luc (Armand de). Sur la m-anisidine et sur la diméthyl-m-anisidine. Genève. Lab. de ch. org. de l'Univ. — *Archives des Sc. phys. et nat.* **37.** 423.

130. Reverdin (Frédéric) und Luc (Armand de). Ueber das m-Anisidin und über das Dimethyl-m-anisidin. Genf. Organ.-chem. Lab. der Univ. — *Berichte* **47.** 1537.

131. Rosenthaler (L.). Ueber die optische Aktivität des Cinnameins. Bern. — *Schweiz. Apotheker-Zeitung* **52.** 273.

132. Schlaepfer (M.) und Niggli (P.). Neue Beiträge zur hydrothermalen Silikatbildung. Zürich. Phys.-chem. Inst. der techn. Hochschule. — *Zeitschr. anorg. Ch.* **87.** 52.

133. Sobel (L. L.). Organisch gebundene Phosphorsäure im Bier. Basel. Oeffentl. Lab. — *Schweiz. Apoth. Zeitung* **52.** 290.

134. Thöni (J.) und Geilinger (H.). Ueber Raumdesinfektionsversuche mit dem apparatlosen Formalin-Permanganat-Verfahren nach Doerr und Raubitschek. Bern. Lab. des schweiz. Gesundheitsamtes. — *Mitt. Lebensmittelunters.* **5.** 93.

135. Tunmann (O.). Ueber Mikrochemie und Biologie der Pflanzenstoffe. Bern. — *Ber. dtsch. pharm. Ges.* **24.** 253.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A

L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

PENDANT LE MOIS

D'AOUT 1914

Les 1 et 3, rosée le matin.
le 4, pluie de 10 h. du matin à 6 h. du soir.
5, rosée le matin ; orages à 4 h. 30 m. et à 8 h. du soir ; pluie de 5 h. à 6 h. et de 7 h. à 10 h. du soir ; orage et pluie dans la nuit
6, pluie de 7 h. à 10 h. du matin et de midi à 2 h. du soir.
les 7, 8, 9, 10, 11 et 12, rosée le matin.
le 13, rosée le matin ; orages à 2 h., 3 h. et 4 h. du soir ; éclairs dans la soirée
14, rosée le matin.
15, rosée le matin ; orages à 11 h. 30 m., 2 h. 30 m. et 4 h. 30 m. du soir. pluie de 11 h. à midi et de 3 h. à 4 h. 30 m. du soir.
16, pluie de 9 h. 15 m. du matin à 4 h. du soir ; pluie dans la nuit.
17, rosée le matin ; pluie de 8 h. 30 m. à 9 h. 30 m. du soir.
19, rosée le matin.
20, rosée le matin ; pluie de 9 h. à 10 h. du soir et pluie dans la nuit
22, forte rosée et brouillard le matin ; pluie de 5 h. 15 m. à 6 h. 15 m. du soir ; orage à 5 h. 30 m. ; très forte bise de 5 à 6 h. du soir.
les 23 et 24, rosée le matin.
le 26, pluie de 4 h. 15 m. à 5 h., de 8 h. à 10 h. du soir et pluie dans la nuit.
27, pluie de 11 h. à midi et pluie dans la nuit.
les 29, 30 et 31, rosée le matin.

GENÈVE — AOUT 1914

Jour du mois	Température 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 8 Observ.	Ecart avec la normale	Min.	Max.	Fraction de saturation en 0/0 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 8 Obs.	Ecart av. la norm.	Min.	Max.	Tempér. du Rhône Midi	Ecart avec la normale	Limnimètre
	°	°	°	°	°	°	°								°	°	mm.
1	+13.9	+19.6	+19.5	+16.98	− 1.79	+10.0	+22.5	80	63	66	71	+ 3	57	88	16.7	− 2.0	1830
2	17.2	24.1	21.0	20.41	+ 1 67	14.8	27.7	71	47	50	**57**	**−11**	41	80	18.2	− 0.5	1750
3	17.8	21.2	20.6	20.05	+ 1.35	13.8	24.8	72	62	68	63	− 5	50	83	17.7	− 1.1	1755
4	17.2	16.8	14.9	16.54	− 2.13	13.0	20.2	70	83	93	83	+15	64	98	17.7	− 1.1	1720
5	14.4	20.2	15.5	16.31	− 1.72	11.8	22.3	93	71	95	88	+20	65	98	16.7	− 2.1	1840
6	13 8	17.8	13.7	15.14	− **3.45**	12.5	20.5	95	70	73	83	+14	59	98	16.7	− 2.1	1835
7	11.4	19.0	17.4	15.24	− 3.31	**7.2**	24.2	83	51	74	68	− 1	44	90	15.7	− 3.1	2085
8	18.0	21.2	17.7	18.59	+ 0 09	13.8	23.8	78	49	74	66	− 3	**37**	86	16.7	− 2.1	2035
9	15.4	21.2	18.5	17.76	+ 0.69	10.2	24.0	83	54	82	72	+ 3	50	91	18.7	− 0.1	2045
10	16.8	23.2	20.8	19.16	+ 0.76	12.2	24.5	85	62	78	76	+ 7	58	90	19.2	+ 0.3	2035
11	17.4	24.5	21 5	21.15	+ 2.80	14.4	27.6	86	65	78	73	+ 4	50	86	19.7	+ 0.9	2015
12	20.0	26.6	22.5	**22.36**	+ **4.07**	16.2	**28.4**	80	64	74	69	− 1	43	84	21.7	+ 2.9	2045
13	20.0	25.4	21.0	21.93	+ 3.70	17.0	26.6	83	61	88	77	+ 7	57	88	21.7	+ 2.9	2025
14	18.2	25.0	22.4	21.78	+ 3.61	15.2	27.7	86	60	77	73	+ 3	46	88	22.2	+ 3.4	2045
15	19.0	19.8	16.3	18.85	+ 0.75	15 6	27.7	87	85	88	85	+15	63	96	22.9	+ 4.1	2035
16	14.6	17.0	14.9	15.42	− 2.61	12.8	18.2	93	88	90	**91**	**+21**	82	97	17.2	− 1.6	2040
17	13.4	19.0	14.6	16.15	− 1.81	12.2	20 4	86	61	94	78	+ 8	58	94	18.2	− 0.6	2045
18	14.2	18.2	15.4	16.12	− 1.77	13.2	19.6	91	65	86	79	+ 8	61	95	15.7	− 3.1	2035
19	14.7	18.8	15.6	16.03	− 1.78	12.0	20.1	86	60	84	77	+ 6	55	94	18.7	− 0.1	2055
20	14.0	20.2	17.8	16.65	− 1.08	11.0	21.8	86	65	86	79	+ 8	61	90	19.7	+ 1.0	1985
21	15.4	19 0	16.5	16.71	− 0.94	11.2	21.2	100	80	87	87	+16	71	100	18.7	0.0	1985
22	13.2	18.5	11.6	14.50	− 3.07	10.0	20.0	98	68	98	88	+16	64	98	19.2	+ 0.5	1995
23	12 6	19.3	14.9	15.14	− 2.34	9.5	20.6	98	60	80	78	+ 6	47	98	18.7	+ 0.1	1935
24	12.4	20.2	17 7	16.33	− 1.06	9.7	22.0	86	58	73	75	+ 3	54	90	19.4	+ 0.8	1895
25	15.7	24.7	18.5	19.36	+ 2.06	14.0	25.8	86	54	78	73	+ 1	42	88	19.7	+ 1.1	1875
26	17.8	24.7	15.8	19 58	+ 2.37	15.3	25.8	80	53	99	75	+ 2	51	100	19.6	+ 1.0	1835
27	14.4	19.3	14.5	16.07	− 1.04	13.0	21.0	93	63	78	82	+ 9	60	98	18.0	− 0.5	1835
28	12.2	15.4	16.0	**14.29**	− 2.72	11 0	17.7	72	75	82	80	+ 7	72	86	17.2	− 1.3	1865
29	14.8	19.8	17.9	17.01	+ 0.10	12.4	21.8	91	72	88	80	+ 7	57	93	18.2	− 0.2	1875
30	15.2	21.5	18.5	18.26	+ 1.46	12.2	23.4	92	66	87	81	+ 7	57	96	18.7	+ 0.3	1835
31	+15.1	+22.8	+19.2	+19.06	+ 2.36	+13.0	+25.0	92	63	81	79	+ 5	55	95	18.9	+ 0.6	1825
Mois	+15.49	+20.77	+17.51	+17.71	− 0.20	+12.59	+23.12	86	64	82	77	+ 6			18.74	+ 0.9	1936

GENÈVE — AOUT 1914

Jour du mois	Pression atmosphérique 700mm + 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 8 Obs.	Ecart av. la norm.	Barographe Min.	Barographe Max.	Vent 7 h.	1 h.	9 h.	Dominant	Vit. moy. kil. h.	Nébulosité 7 h.	1 h.	9 h.	Moy. 6 obs.	Durée d'insolation	Pluie Hauteur 24 h.	Nombre d'heures
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm										h.	mm.	
1	29.8	27.5	26.4	28.05	+ 0.13	26.0	29.8	SSW. 0	NNE. 1	W. 0	NNE. 1	3.8	0	0	0	0	**13.7**	....	....
2	26.2	25.7	26.9	26.20	− 1.73	26.0	27.4	S. 1	S. 1	S. 1	SW. 1	3.6	7	7	8	6	6.2	....	....
3	27.5	24.6	26.0	25.78	− 2.16	23.0	27.6	SSE. 0	N 1	SSW. 1	N. 1	6.5	1	1	8	4	11.4	....	....
4	26.1	24.5	26.1	25.48	− 2.47	24.5	26.1	SSE. 0	W. 0	SW. 0	var.	5.0	10	10	6	9	0.1	28.6	8
5	26.1	25.1	24.9	25.18	− 2.77	23.2	26.2	S. 0	N. 1	NNE. 1	var.	3.4	4	5	10	7	7.4	**61.4**	**14**
6	26.1	28.5	29.9	27.86	− 0.10	25.5	30.2	NW. 1	N. 1	SE. 0	N. 1	3.9	10	8	0	6	5.2	10.0	5
7	30.1	29.0	30.6	29.78	+ 1.82	28.9	31.7	SW. 0	N. 1	NW. 0	N. 1	4.2	1	5	7	4	13.1	....	....
8	32.2	32.1	32.7	32.11	+ 4.15	31.4	33.2	SSE. 0	N. 1	N. 0	N. 1	4.1	3	3	0	3	13.3	....	....
9	33.8	33.4	33.2	**33.27**	+ **5.30**	32.6	**33.9**	S. 0	N. 1	N. 0	N. 1	3.9	2	1	0	1	13.5	....	....
10	33.7	32.9	32.9	33.05	+ 5.08	32.2	33.7	S. 0	N. 1	N. 0	N. 1	3.1	0	1	0	1	13.3	....	....
11	33.7	32.9	32.1	32.91	+ 4.94	31.6	**33.9**	S 0	N. 1	SW. 0	N. 1	3.9	3	3	0	3	12.0	....	....
12	32.1	31.1	30.1	31.25	+ 3.28	29.7	32.2	S. 0	NE. 1	S. 0	calme	1.1	2	3	6	5	11.7	....	....
13	30.1	28.9	28.6	29.23	+ 1.26	27.6	30.3	S. 0	N. 1	W. 0	N. 1	3.1	1	3	3	4	7.9	....	....
14	28.0	26.6	25.9	26.91	− 1.06	25.3	28.6	S 0	N. 1	SW. 0	calme	1.4	1	3	0	3	12.3	....	....
15	24.9	24.1	25.6	25.23	− 2.73	23.7	26.5	SE. 0	S. 1	SW. 0	S. 1	2.5	1	8	8	7	4.7	3.7	2
16	23.6	23.3	23.4	**23.46**	− **4.50**	**22.2**	24.9	S. 0	N. 1	S. 1	var.	2.7	10	10	10	10	0.0	5.8	9
17	25.2	25.0	25.7	24.93	− 3.02	23.8	25.8	S. 1	S. 0	SE. 0	var.	5.0	10	9	10	9	0.8	1.8	1
18	26.9	27.2	27.3	26.78	− 1.17	25.8	27.5	S. 1	N. 1	N. 1	N. 1	6.3	7	6	0	5	8.8	....	....
19	27.6	27.6	28.7	27.67	− 0.27	27.2	29.0	E. 0	N. 1	S. 0	N. 1	6.7	10	4	0	5	5.4	....	....
20	29.2	27.5	28.3	28.10	+ 0.17	26.4	29.3	S. 0	N. 1	E. 0	var.	3.9	3	4	10	7	5.7	4.8	5
21	29.1	28.9	29.8	29.03	+ 1.11	28.3	30.0	SSE. 0	N. 1	SE. 0	var.	2.9	10	5	0	6	5.2	....	....
22	30.0	29.2	30.5	29.81	+ 1.90	28.9	30.6	S. 0	N. 0	NNW. 0	var.	3.1	10	7	0	6	2.9	3.7	1
23	31.7	30.4	29.6	30.37	+ 2.47	29.2	31.8	SE. 0	NNE. 1	SW. 0	N. 1	3.7	8	0	0	2	10.3	....	....
24	29.5	28.7	29.1	28.96	+ 1.07	27.7	29.6	S. 0	N. 1	SW. 0	N. 1	3.8	0	1	0	1	12.6	....	....
25	29.3	29.1	29.2	29.10	+ 1.22	28.5	29.4	SE. 0	SW. 1	S. 0	SW. 1	3.9	9	8	7	8	2.2	....	....
26	27.7	25.8	25.6	26.77	− 1.10	24.9	29.2	E. 0	SW. 1	S. 0	SW. 1	5.8	3	9	10	8	6.4	33.8	14
27	26.1	27.0	26.9	26.52	− 1.33	25.6	27.4	S. 0	SE. 0	SSE. 0	S. 1	5.0	10	8	10	8	2.4	7.9	8
28	27.2	28.2	30.5	28.31	+ 0.47	27.1	31.0	NNE 1	NNE. 2	E. 0	NNE. 2	**17.2**	10	9	10	9	0.0	....	....
29	31.6	31.4	31.9	31.35	+ 3.53	31.0	31.9	SE. 0	NE. 1	S. 0	NE. 1	4.4	8	4	0	4	10.6	....	....
30	32.5	31.5	31.3	31.70	+ 3.90	30.7	32.7	S. 0	NNE. 1	S. 1	NNE. 1	2.5	0	0	0	0	11.8	....	....
31	31.7	31.0	30.9	31.04	+ 3.26	30.0	31.7	SSW. 0	N. 1	SW. 0	N. 1	2.7	0	2	0	1	11.8	....	....
Mois	29.01	28.35	28.73	28.59	+ 0.93							4.30	5.0	4.7	4.0	4.9	242.7	161.5	67

MOYENNES DE GENÈVE. — AOUT 1914

Correction pour réduire la pression atmosphérique de Genève à la pesanteur normale : + 0mm.02. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

Pression atmosphérique : 700mm +

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.	Moyennes
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re déc	28.95	28.94	29.18	28.92	28.32	27.88	28.13	29.08	28.68
2e »	28.12	27.89	28.14	28.02	27.45	26.92	26.93	27.69	27.65
3e »	29.47	29.38	29.66	29.68	29.20	28.79	28.98	29.72	29.36
Mois	28.87	28.76	29.01	28.90	28.35	27.89	28.05	28.86	28.59

Température.

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.	Moyennes
	°	°	°	°	°	°	°	°	°
1re déc	+14.50	+13.44	+15.59	+18.47	+20.43	+21.37	+19.99	+17.15	+17.62
2e »	15.87	15.02	16.55	20.45	21.45	22.31	20.10	17.40	18.64
3e »	14.05	13.58	14.43	17.82	20.47	20.94	18.54	15.67	16.94
Mois	+14.78	+14.00	+15.49	+18.88	+20.77	+21.52	+19.51	+16.71	+17.71

Fraction de saturation en %.

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.	Moyennes
1re décade	81	83	81	69	61	60	69	77	73
2e »	86	87	86	73	67	65	75	86	78
3e »	90	92	90	76	65	64	74	88	80
Mois	86	87	86	73	64	63	73	84	77

Dans ce mois l'air a été calme 452 fois sur 1000.

Le rapport des vents $\frac{\text{NNE}}{\text{SSW}} = \frac{69}{30} = 2.30$

Moyennes des 3 observations (7h, 1h, 9h)

	mm
Pression atmosphérique.......	28.70
Nébulosité	4.6
Température $\frac{7+1+9}{3}$ ..	+17°.92
Température $\frac{7+1+2\times9}{4}$ ..	+17°.82
Fraction de saturation.......	77 %

Valeurs normales du mois pour les éléments météorologiques, d'après Plantamour :

	mm
Press. atmosphér.. (1836-1875)	27.66
Nébulosité.. ..... (1847-1875).	4.7
Hauteur de pluie.. (1826-1875).	80mm.4
Nombre de jours de pluie. (id.).	10
Température moyenne ... (id.).	+17°.91
Fraction de saturat. (1849-1875).	71 %

Observations météorologiques faites dans le canton de Genève

Résultats des observations pluviométriques

Station	CÉLIGNY	COLLEX	CHAMBÉSY	CHATELAINE	SATIGNY	ATHENAZ	COMPESIÈRES
Hauteur d'eau en mm.	119.3	130.6	121.1	141.7	141.6	139.0	147.9

Station	VEYRIER	OBSERVATOIRE	COLOGNY	PUPLINGE	JUSSY	HERMANCE
Hauteur d'eau en mm.	170.8	161.5	149.7		151.3	120.8

Insolation à Jussy : **197.5** h.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU

GRAND SAINT-BERNARD

PENDANT LE MOIS

D'AOUT 1914

Les 4, 5, 6, 12, 13, 15, 16, 17, 19, 20, 21, 22 et 26, pluie.
26 et 27, neige.
4, 5, 6, 7, 8, 13, 17, 18, 20, 21, 22, 26 et 27, brouillard.
3 et 28, très fort vent.
6, 22 et 27, très forte bise.
12 et 13, orages.

Le 7, dégel complet du lac.

GRAND SAINT-BERNARD — AOUT 1914

Jour du mois	Pression atmosphérique 500mm + 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Ecart av. la norm.	Barographe Min.	Barographe Max.	Vent 7 h.	Vent 1 h.	Vent 9 h.	Vent Dominant	Nébulosité 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Pluie Hauteur (24 h.)	Neige Hauteur (24 h.)
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.									mm.	cm.
1	70.7	71.0	71.5	71.1	+ 2.2	70.3	71.5	SW. 0	SW. 0	SW. 1	calme	0	0	1	0	....	....
2	69.6	69 6	70.1	69.8	+ 0.9	69.5	70.2	SW. 2	SW. 0	SW. 0	calme	4	3	5	4	....	....
3	69.7	69.3	68.5	69.2	+ 0.3	68.2	70.0	SW. 0	SW. 2	SW. 3	SW. 2	0	7	10	6	....	....
4	68.1	67.2	66.9	67.4	– 1.5	66.9	68.2	SW. 1	SW. 1	SW. 1	SW. 1	10	10	10	10	5.5	....
5	67.8	68.2	68.0	68.0	– 0.9	67.2	68.3	SW. 1	SW. 1	SW. 2	SW. 1	0	9	10	6	9.6	...
6	65.8	67.0	68.6	67.1	– 1.8	65.8	68.7	NE. 1	NE. 3	NE. 2	NE. 2	10	10	10	10	1.0	....
7	68.3	69.2	70.1	69.2	+ 0 3	68.2	70.8	NE. 0	NE. 0	NE. 1	calme	0	2	10	4	....	....
8	71.2	72 0	73.3	72.1	+ 3.2	70.8	73 6	NE. 1	NE. 2	NE. 0	NE. 1	10	1	0	4	....	...
9	73.9	75.0	75.6	74.8	+ 5.9	73.6	75.6	NE. 0	NE. 0	NE. 0	calme	0	1	0	0	....	....
10	75 3	75.8	76.2	75.8	+ 6.9	75.2	**76.3**	NE. 1	NE. 1	NE. 0	NE. 1	0	1	0	0	....	....
11	75.8	76.2	76.1	**76.0**	+ **7.1**	75.7	76.2	NE. 0	NE. 0	SW. 1	calme	0	3	9	4	....	....
12	75.0	74.3	74.7	74.7	+ 5.8	74.2	75.7	SW. 1	SW. 1	SW. 1	SW. 1	1	6	10	6	4.0	....
13	73.1	72.7	72 3	72.7	+ 3.9	71.6	74.0	NE. 0	NE. 0	NE. 1	calme	1	7	10	6	3.0	....
14	70.7	70.4	70.3	70.5	+ 1.7	70.1	72.0	NE. 0	NE. 1	NE. 1	NE. 1	0	1	0	0	....	....
15	68.5	67.6	66.8	67.6	– 1.2	66.5	70.1	NE. 0	SW. 1	NE. 1	var.	0	5	0	2	2.3	....
16	65.4	64.3	64.0	**64.6**	– **4.2**	63.8	65.5	SW. 1	SW. 1	SW. 1	SW. 1	10	10	0	7	15.0	....
17	63.7	64.6	65.5	**64.6**	– 4.1	**63.6**	65.7	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	10	10	1	7	2.4	....
18	65.2	66.4	67.2	66.3	– 2.4	65.2	67.3	NE. 1	NE. 2	NE. 1	NE. 1	10	2	0	4	...	...
19	67 3	67.8	68.6	67.9	– 0.8	67.3	68 8	SW. 1	SW. 1	SW 1	SW. 1	2	6	1	3	1.0	....
20	69.1	69.0	69.0	69.0	+ 0.3	68.8	69.2	SW. 2	SW. 1	SW. 1	SW. 1	10	10	7	9	12.0	....
21	68.2	68.0	69.5	68.6	0.0	67.8	69.6	NE. 1	NE. 2	NE. 1	NE. 1	10	10	0	7	4.1	....
22	68.4	68 2	68.7	68.4	– 0.2	68.2	69.4	NE 2	NE. 3	NE. 4	NE. 3	4	3	10	6	0.6	....
23	69.4	70.1	70.4	70.0	+ 1.4	69.0	70.4	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE 1	0	0	0	0	....	....
24	69.8	70.2	71.0	70.3	+ 1.8	69.7	71.2	SW. 1	SW. 1	NE. 1	SW. 1	0	5	0	2	....	....
25	70.7	70.6	71.0	70.8	+ 2.3	70.6	71.0	NE. 0	SW. 1	SW. 1	SW. 1	1	10	10	7	....	....
26	69.1	68.7	67.2	68.3	– 0.1	66.8	70.6	SW. 1	SW. 1	SW. 1	SW. 1	10	9	10	10	25.0	....
27	66.0	66.0	56.2	66.1	– 2.3	65.8	66.8	SW. 1	NE. 1	NE. 3	NE. 2	10	10	10	10	**30.0**	**36**
28	65.3	67.8	71.1	68.1	– 0.2	65.1	71.4	SW. 2	NE. 2	SW. 3	SW. 2	10	4	2	5	....	...
29	71.8	71.4	73.4	72.2	+ 3.9	71.4	73.5	SW. 0	SW. 0	SW. 1	calme	0	2	3	2	....	...
30	73.5	73 6	73 8	73.6	+ 5.4	73.5	73.8	SW. 0	SW. 2	SW. 1	SW. 1	0	4	3	2	....	....
31	73.0	72.9	73.2	73.0	+ 4.8	72.8	73 6	SW. 0	NE. 1	NE. 0	calme	0	3	1	1	...	...
Mois	69.66	69.84	70.28	69.93	+ 1.53							4.0	5.3	4.6	4.6	115.5	36

Jour du mois	Température							Fraction de saturation en %					
	7 heures	1 heure	9 heures	Moyenne 3 Observ.	Ecart avec la normale	Minimum	Maximum	7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Min.	Max.
	°	°	°	°	°	°	°						
1	+ 5.1	+ 10.0	+ 6.4	+ 7.2	+ 0.8	+ 4.8	+ 11.7	44	52	95	64	36	96
2	5.7	10.8	8.7	8.4	+ 2.0	5.5	12.6	79	54	78	70	47	83
3	7.5	10.0	6.9	8.1	+ 1.7	5.9	11.2	77	81	99	86	60	100
4	5.0	5.6	5.1	5.2	− 1.2	4.8	5.9	96	95	89	93	78	98
5	5.3	9.3	7.0	7.2	+ 0.8	+ 4.7	10.2	54	60	95	70	46	96
6	1.2	1.2	0.5	**1.0**	− **5.4**	0.0	2.8	94	94	94	94	80	96
7	3.7	9.2	4.8	5.9	− 0.5	− 0.2	10.8	24	45	92	54	**17**	95
8	1.9	9.5	7.7	6.4	+ 0.1	+ 1.9	10.0	95	41	47	61	28	95
9	8.0	13.2	11.7	11.0	+ 4.7	7.3	13.7	28	26	48	**34**	19	60
10	9.4	14.3	11.4	11.7	+ 5.4	8.7	17.3	63	54	76	64	48	84
11	10.4	17.0	12.3	**13.2**	+ **6.9**	10.0	**17.6**	74	53	83	70	50	85
12	11.2	14.8	10.9	12.3	+ 6.1	10.6	15.6	67	55	95	72	48	96
13	10.2	13.8	10.3	11.4	+ 5.2	9.7	14.6	65	71	95	77	62	96
14	8.6	14.0	9.3	10.6	+ 4.4	8.2	14.8	80	58	77	72	53	82
15	7.4	12.9	6.7	9.0	+ 2.9	5.7	13.2	82	45	99	75	45	100
16	5.8	4.8	4.2	4.9	− 1.2	4.0	7.0	95	97	72	88	54	98
17	2.5	4.4	2.3	3.1	− 2.9	2.0	5.5	96	91	95	94	75	98
18	2.0	6.3	3.6	4.0	− 2.0	1.4	7.1	96	75	94	88	70	97
19	4.3	7.4	5.4	5.7	− 0.3	4.1	9.0	80	79	90	83	63	94
20	4.4	5.1	4.7	4.7	− 1.2	4.2	6.0	96	95	95	95	86	97
21	4.3	4.4	1.5	3.4	− 2.4	1.4	5.0	95	97	96	96	88	98
22	1.7	6.2	1.6	3.2	− 2.6	1.4	6.8	95	64	95	85	60	97
23	1.3	9.3	5.6	5.4	− 0.3	1.2	10.2	62	40	49	50	37	88
24	4.5	7.9	6.1	6.2	+ 0.5	4.1	11.8	93	85	95	91	56	97
25	4.9	8.4	6.6	6.6	+ 1.0	4.9	9.5	86	86	94	89	71	96
26	5.3	8.1	+ 5.6	6.3	+ 0.8	+ 4.8	8.2	96	74	100	90	63	100
27	+ 3.8	4.8	0.0	2.9	− 2.6	− 0.6	5.2	96	96	99	**97**	88	100
28	0.0	3.2	+ 4.9	2.7	− 2.7	− **1.8**	6.0	96	90	74	87	60	98
29	+ 4.8	7.8	6.8	6.5	+ 1.2	+ 4.6	10.0	76	62	75	71	54	80
30	5.0	8.6	7.4	7.0	+ 1.8	4.8	10.0	82	64	73	73	54	85
31	+ 5.4	+ 11.1	+ 7.9	+ 8.1	+ 2.9	+ 5.0	+ 11.8	68	55	92	72	48	96
Mois	+ 5.18	+ 8.82	+ 6.26	+ 6.75	+ 0.77	+ 4.29	+ 10.04	78	69	85	77		

MOYENNES DU GRAND SAINT-BERNARD — AOUT 1914

Correction pour réduire la pression atmosphérique du Grand Saint-Bernard à la pesanteur normale : — $0^{mm}.22$. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

Pression atmosphérique : 500^{mm} + | **Fraction de saturation en %**

	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
	mm	mm	mm	mm				
1re décade	70.04	70.43	70.88	70.45	65	60	81	69
2e »	69.38	69.33	69.45	69.39	83	72	89	81
3e »	69.56	69.77	70.50	69.95	86	74	86	82
Mois	69.66	69.84	70.28	69.93	78	69	85	77

Température.

	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne. $\frac{7+1+9}{3}$	Moyenne. $\frac{7+1+2\times 9}{4}$
	°	°	°	°	°
1re décade	+ 5.28	+ 9.31	+ 7.02	+ 7.20	+ 7.16
2e »	6.68	10.05	6.97	7.90	7.67
3e »	3.73	7.25	4.91	5.30	5.20
Mois	+ 5.18	+ 8.82	+ 6.26	+ 6.75	+ 6.63

Dans ce mois l'air a été calme 269 fois sur 1000

Le rapport des vents $\frac{NE}{SW} = \frac{47}{46} = 1.02$

Pluie et neige dans le Val d'Entremont.

Station	Martigny-Ville	Orsières	Bourg-St-Pierre	St-Bernard
Eau en millimètres.....	150.7	132.0	133.2	115.5
Neige en centimètres....	—	—	—	36

MESURES A L'ARC VOLTAÏQUE CONTINU

ENTRE DES

ÉLECTRODES DE NICKEL

PAR

Aug. HAGENBACH et W. FREY

L'influence de la température sur les caractéristiques de l'arc voltaïque a été étudié de différents côtés, mais les résultats obtenus ne concordent en aucune façon les unes avec les autres ; il y a même des contradictions. En consultant la littérature relative à ce sujet qu'on trouvera énumérée à la note [1], on pourra facilement se convaincre que quelques observateurs ont noté une élévation du potentiel entre les électrons, tandis que d'autres trouvaient un abaissement de ce potentiel lorsque la température augmente.

Dans ce qui suit, nous rendrons compte d'observations faites sur un arc à électrodes de nickel dans une atmosphère d'azote à faible pression. Comme il n'est pas possible de faire cadrer

[1] Tommasi, *C. R.* 93, p. 716, 1881 ; Cross et Shepard, *Proc. Amer. Acad. Sc.* 22, p. 227, 1887 ; L. Arons, *Wied. Ann.* 57, p. 185, 1896 ; E. Lecher, *Wied. Ann.* 33, p. 609, 1888 ; R. Herzfeld, *Wied. Ann.* 62, p. 442, 1897 ; G. Schulze, *Ann. Phys.* 12, p. 837, 1903 ; Mitkievitz, *Beibl.* 29, p. 739, 1904 ; J. Stark et L. Casssuto, *Phys. Zeitschr.* 5, p. 267, 1904 ; Malcolm et Simon, *Phys. Zeitschr.* 8, p. 471, 1908 ; Simon, *Phys. Zeitschr.* 6, p. 297, 1905 ; Guye et Zébrikoff, *Arch. des Sc. phys. et nat.* 24, p. 549, 1907 ; Child, *Phys. Rev.* 30, p. 311, 1910 ; Cunningham, *Phil. mag.* 9 (6), p. 202, 1905.

Cette matière sera prochainement traitée d'une manière complète dans le tome I du « Handbuch der Radiologie » (Marx) dans la partie « der elektrische Lichtbogen », par A. Hagenbach.

sans autre les résultats avec la théorie de l'arc voltaïque de Simon, il n'est peut-être pas inutile de les mentionner.

Dans une caisse de fer, pourvue de tous les accessoires nécessaires aux observations (conduite pour les sondes, les électrodes et les gaz) se trouvaient deux électrodes de Nickel superposées l'une à l'autre. L'anode, en dessous, était refroidie par un courant d'eau passant jusqu'à un millimètre environ en dessous de sa surface. Son diamètre était de 12 mm. La cathode, au-dessus, se composait d'une tige massive de nickel, ronde, qui n'était pas refroidie. Sa section, à la surface, avait 20 mm.; à 4 mm. en retrait, il y avait un rétrécissement qui la portait à 13 mm. Un tube de quartz, fixé sur cette tige, était destiné à empêcher l'arc de grimper. La partie antérieure seule de l'anode, sur une longueur de 2 cm., se composait de nickel massif; la partie postérieure, longue de 13 cm., était formée d'une tige de fer. L'arc qu'on allumait au moyen d'un contact, pouvait avoir sa longueur réglée à volonté, et les observations étaient mesurées par projection sur un écran. La tension de 440 volts dont nous nous servîmes permit de faire brûler l'arc même avec des intensités de courant relativement faibles.

On mesurait la différence de potentiel à chaque place à l'intérieur de l'arc au moyen d'une sonde mobile reliée à un voltmètre pourvu d'une grande résistance intérieure. Cette sonde était formée d'une tige de charbon de 1,2 mm. d'épaisseur qui avait longtemps été lavée avec de l'acide nitrique, de la potasse et de l'eau distillée.

Il fut d'abord constaté que la tension entre les électrodes variait avec le temps lorsque le courant restait constant. De suite après avoir allumé l'arc on établit une courbe de la tension (e) en fonction de la longueur de l'arc (l), en veillant à ce que l'intensité du courant restât constante. On laissait alors l'arc en action, et l'on répétait les mesures après 15, 20 et 60 minutes. Des séries d'observations de ce genre furent faites d'une part sur l'arc ordinaire (forme de l'arc que nous avons désignée[1] par 3) avec 6 ampères et 600 mm. de pression dans une

[1] A. Hagenbach et H. Veillon, *Phys. Zeitschr.*, 11 p. 833, 1910 et Hagenbach *Phys. Zeitschr.*, 12 p. 1015, 1911.

atmosphère d'azote pur[1], entre 0,6 et 2,4 cm. de longueur de l'arc, et d'autre part avec 2 ampères, 300 mm. de pression de l'azote entre 0,9 et 2,1 cm. de longueur de l'arc. Toutes les séries de mesures montrèrent que les courbes (e, 1) sont repoussées vers le haut à mesure que le temps augmente, que, par conséquent, pour les formes 2 et 3, pour toutes les longueurs de l'arc pour lesquelles il a été fait des observations, la différence de potentiel augmente en même temps que le temps pendant lequel l'arc brûle.

La fig. 1 montre un groupe de courbes pour lesquelles on a porté en horizontales les longueurs de l'arc et en verticales la tension entre les électrodes. Les temps, inscrits à droite de chaque courbe, donnent les durées d'allumage de l'arc qui s'y rapportent.

Pour les deux formes de l'arc, les variations comportaient en 30 minutes environ 6 volts pour les grandes longueurs d'arc et environ 2 volts pour les petites. C'est pendant le premier quart d'heure que l'influence du temps est la plus forte ; elle diminue ensuite et cesse complètement de se faire sentir après une heure. L'arc est alors « brûlé ».

Le fait que les courbes de la fig. 1 divergent du côté des grandes longueurs d'arc peut être interprété de différentes manières. Ou bien la variation avec le temps est plus lente pour de grandes longueurs d'arc, de telle sorte que le temps qui s'écoule jusqu'au moment de la première mesure fait trouver le point de la courbe qui y correspond trop haut pour des arcs courts, ou bien il ne faut chercher toute l'influence qu'à l'intérieur de l'arc, c'est-à-dire dans le changement du potentiel le long de la masse gazeuse ; dans ce cas, pour la longueur d'arc o, il n'y aurait plus de variation avec le temps. Mais les mesures qui suivent, effectuées avec la sonde, rendent la seconde hypothèse très invraisemblable.

La seconde partie de nos recherches a pour but de fixer le lieu de cette variation, ce qui fut fait au moyen des mesures affectuées avec la sonde, comme cela a été indiqué plus haut.

[1] L'azote fut fourni par une bouteille préparée par C.-A.-F. Kahlbaum et passé sur du cuivre en incandescence pour éliminer les résidus d'oxygène.

Le phénomène se produit pour toutes les longueurs d'arc ; mais comme il est beaucoup plus marqué pour les grandes longueurs d'arc, on en choisit une à 2 cm. pour ces mesures là. Pour la forme 2, c'est une pression de l'azote de 275 mm. et une intensité de courant de 3 ampères qui étaient particulièrement favorables à l'expérience.

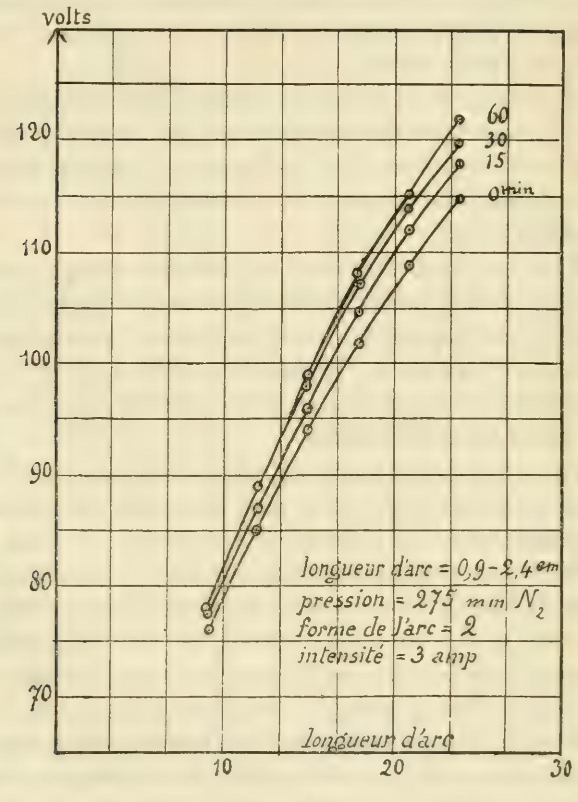


Fig. 1

Le voltmètre relié aux électrodes marquait au début des mesures 120 volts, après une heure 130 volts. Le résultat d'une série de mesures de ce genre est donné à la fig. 2. En horizontales on a porté les distances de la sonde à l'anode resp. à la cathode, et en verticales le potentiel entre la sonde et l'électrode correspondante.

La sonde de charbon fut placée successivement aux distances 2, 5, 10, 15 et 20 mm. des électrodes. La première mesure fut effectuée aussi rapidement que possible après la mise en action de l'arc, la seconde après une heure.

Le résultat fut le suivant : lorsque la sonde est contre l'anode rafraîchie on n'observe qu'une très *faible diminution,* d'environ

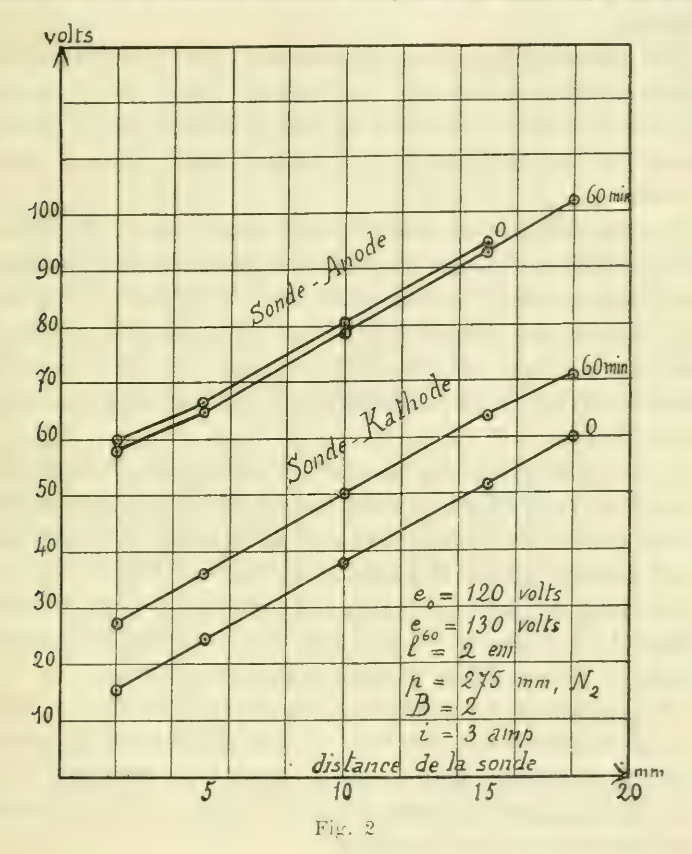


Fig. 2

1 volt, qui est la même pour toutes les distances de la sonde, ce qui signifie que le potentiel dans l'arc ne varie presque pas avec le temps. L'extrapolation des courbes conduit à une chûte de potentiel à l'anode d'environ 54 volts. Lorsque la sonde est contre la cathode on constate après une heure une forte variation d'environ 10 volts, qui est la même pour toutes les dis-

tances de la sonde. La tension *croît* avec le temps. L'inclinaison de la courbe reste la même, d'où il faut conclure que le potentiel dans l'arc ne varie pas. Une extrapolation en ligne droite montre que la chute de potentiel à la cathode augmente avec la durée pendant laquelle l'arc est en fonction. Une seconde série de mesures dans des conditions semblables donna le même résultat.

Pour obtenir des données relatives à la forme 3 les conditions furent choisies comme suit : longueur de l'arc 2 cm. ; pression de l'azote 600 mm. ; intensité du courant 3 ampères. La tension initiale comportait 70 volts, et la tension finale, après 45 min., 75 volts.

Les mesures, lorsque la sonde était contre l'anode, donnèrent pour toutes les distances des valeurs invariables avec le temps ; par contre lorsque la sonde était contre la cathode, on constatait partout une augmentation de 5 volts environ. La fig. 3 rend compte de ce qui vient d'être exposé, et le résultat en fut confirmé par de nouvelles expériences répétées dans les mêmes conditions.

Il faut donc également en conclure que la chute de potentiel à la cathode varie avec le temps pendant lequel l'arc fonctionne.

En interprétant les expériences on arrive à concevoir que c'est principalement la quantité de chaleur transportée qui varie avec la durée de fonctionnement de l'arc. Au premier moment, la chute de température aux électrodes est considérable, et il se perd plus de chaleur par conductibilité.

Supposons que les conditions, au début, à la base de l'arc soient les mêmes que plus tard, il faudrait, d'après la théorie de l'arc de Simon, qu'au commencement, à une longueur d'arc et à une intensité de courant données correspondît une tension plus grande entre les électrodes.

Simon considère en particulier que :

$$ei = \mathrm{WFT}$$

où ei représente le pouvoir électrique, F la surface d'émission des électrons, soit la dimension de la base cathodique du courant et T la température de la cathode. W est la chaleur emmenée par unité de TF. C'est pourquoi l'on a toujours

admis sans autre que W augmente lorsqu'on a un bon système rafraîchisseur, et que e, la tension entre les électrodes, doit monter pour une intensité de courant donnée.

D'après nos mesures, la tension e entre les électrodes *augmente* avec le temps pendant lequel l'arc fonctionne, donc lorsque la perte de chaleur diminue. Mais d'après la théorie de

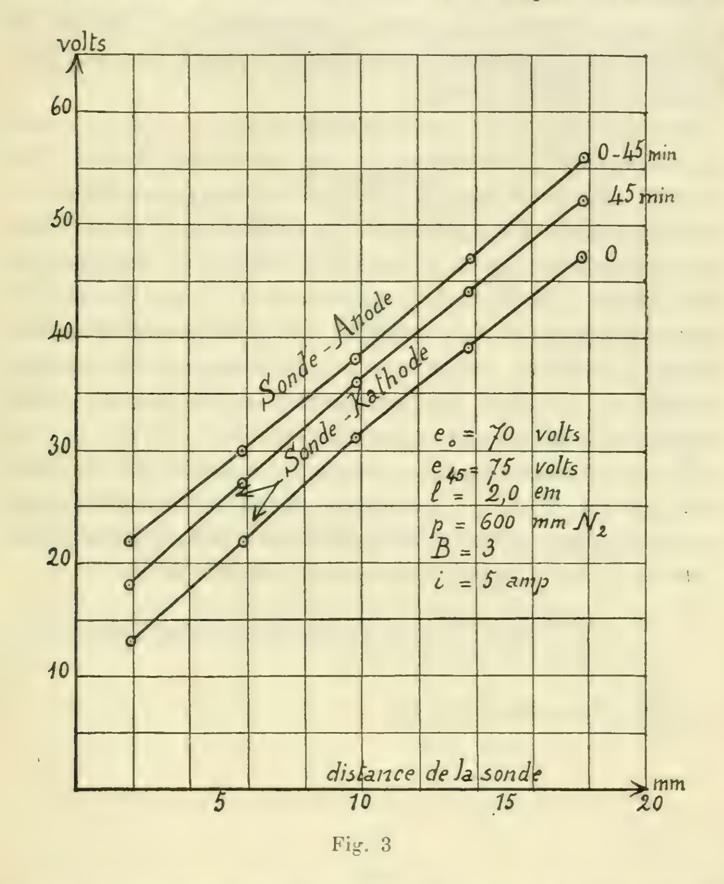


Fig. 3

Simon, on devrait avoir une *diminution*. C'est là que se trouve une contradiction. On pourrait imaginer une explication en supposant que TF est plus petit immédiatement après l'allumage que plus tard. Si cet effet peut dépasser l'augmentation de W, on pourrait comprendre une augmentation de e avec le temps. On pourrait admettre que T, comme température

d'ébullition, est constant. Mais F peut varier avec le refroidissement et devenir ainsi fonction de W. Il n'a pas encore été fait d'expérience sur ce sujet. La variation de F avec l'intensité du courant a été déterminée par Reich [1] pour l'arc du charbon. Il a été établi par là que lorsque l'intensité du courant varie rapidement, les dimensions du cratère emboitent le pas même dans une intervalle de temps comportant une fraction de seconde. Ces expériences cependant ne disent rien sur l'influence du refroidissement.

Nous mentionnerons, pour terminer, que l'on admet souvent que le potentiel cathodique est une constante absolue. Les mesures effectuées avec la sonde ne parlent pas en faveur de cette hypothèse. Les expériences de Duddell sur l'arc de charbon pour prouver que le potentiel cathodique se composait de deux parties, une force électromotrice dont il faut chercher le siège à la surface de l'électrode et une différence de potentiel devant l'électrode, n'ont pas été confirmées pour les arcs métalliques, en sorte qu'il est prématuré de dire sur quelle partie le refroidissement amène une variation.

Les expériences que nous venons de décrire ont été effectuées par M. W. Frey, à l'Institut de physique de Bâle ; elles ne représentent qu'une petite partie des observations faites sur l'arc de Nickel et qui seront publiées ultérieurement.

Bâle, Institut de physique. Septembre 1914.

[1] Reich, *Phys. Zeit.*, 1906, VII, p. 73.

APPLICATIONS DES ANALOGIES

ENTRE LES

LOIS DE L'ÉLECTRICITÉ ET DE L'ÉLASTICITÉ

PAR

P. GRUNER

Professeur à l'Université de Berne

De pareilles analogies ont déjà été indiquées par Helmholtz, Duhem e. a.; comme Witte l'a démontré, cette analogie ne peut pas être exécutée d'une manière complète. Néanmoins elle subsiste pour des cas particuliers et dans ces cas elle possède une valeur heuristique, puisqu'elle permet d'appliquer immédiatement les intégrations faites en électricité aux problèmes analogues de l'élasticité et de l'hydrodynamique.

L'auteur indique les substitutions suivantes :

Les équations de Maxwell pour un corps homogène isotrope, moitié conducteur, moitié diélectrique, ont la forme connue :

$$\text{I)}\quad \text{rot}\, H = \frac{E}{c}\cdot\frac{\partial E}{\partial t} + \frac{\sigma}{c}\cdot E \qquad \text{II)}\quad \text{rot}\, E = -\frac{\mu}{c}\cdot\frac{\partial H}{\partial t}$$

$$\text{III)}\quad \text{div}\, E = 0 \qquad \text{IV)}\quad \text{div}\, H = 0$$

On y introduit deux nouvelles variables φ et Z :

$$H = \frac{1}{c}\,\text{rot}\,\frac{\partial Z}{\partial t}$$

$$E = \text{grad}\,\varphi - \frac{c}{\mu}\frac{\partial^2 Z}{\partial t^2}$$

L'analogie est frappante dans deux cas essentiels :

1° En admettant $\varphi = \text{div}\, Z$, et en considérant un corps diélectrique idéal ($\sigma = 0$), les équations I-IV donnent les équations différentielles d'un corps élastique, solide, isotrope,

homogène, où Z correspond aux déplacements élastiques (très petits).

2° En admettant div Z = 0, et en considérant un corps conducteur (E = 0), les équations I-IV donnent les équations différentielles d'un liquide visqueux, incompressible, où Z correspond aux déplacements des particules liquides et où $\varphi = -p$, p étant la pression hydrostatique.

Cette analogie n'a lieu que pour les corps homogènes ; les conditions de limites exigées par la théorie de Maxwell ne se laissent pas transposer aux problèmes élastiques et hydrodynamiques. Mais, par cette simple substitution, il est possible d'intégrer immédiatement certains problèmes de ces deux derniers domaines en y appliquant les résultats connus de l'électricité.

Ainsi l'auteur déduit, sans difficulté, les intégrales pour la propagation des ondes dans un liquide incompressible, visqueux, enfermé dans un tuyau élastique. Il trouve les résultats que M. Witzig a déduit directement des équations d'Euler[1].

[1] Voir les *Mitteilungen der bernischen Naturforschenden Gesellschaft* de 1905.

RÉCEPTEUR RADIOTÉLÉGRAPHIQUE UNIVERSEL

PAR

H. ZICKENDRAHT

L'auteur a construit un récepteur radiotélégraphique universel qui doit servir en même temps de récepteur de poste télégraphique et d'appareil de recherche et de démonstration. Grâce à un variomètre de self induction, permettant de varier le coefficient de self de 30,000 cm. à 19,000,000 cm., il est possible de recevoir même avec une antenne de petite dimension des longueurs d'onde d'environ 300 à 7000 mètres.

La partie principale de l'appareil est un système de deux bobines plates S et S′, enroulées sur des disques en matière isolante [1]. L'une est fixe, tandis que l'autre peut être déplacée de sorte que les plans des bobines restent toujours parallèles ; une tige verticale formant l'axe des deux anneaux, garantit la position coaxiale des bobines. La distance maximum entre les deux enroulements est d'environ 30 cm.

Ces bobines sont divisées en un certain nombre de parties afin de disposer des différentes valeurs de self. Le schéma (fig. 1) montre les connexions.

La bobine mobile S, divisée en 15 parties forme avec le condensateur variable C le circuit d'antenne ; en reliant le pôle B′ à l'antenne, le pôle C′ à la terre on dispose, grâce au commutateur E, de deux systèmes : l'un, où le condensateur se trouve parallèle à la bobine se prête spécialement à la réception des grandes longueurs d'onde, tandis que l'autre, condensateur en série, raccourcit l'onde propre du circuit d'antenne. La bobine fixe S′ est divisée en 8 parties. Elle

[1] Une spécialité de la maison Fr. Klingelfuss à Bâle.

forme ordinairement la partie principale du circuit de détecteur. On distingue dans la figure les différentes parties : détecteur à cristaux D, téléphone T, petite capacité, formant la disposition connue. En rapprochant ou éloignant la bobine mobile S de l'enroulement fixe on peut varier l'accouplage des deux systèmes vibrants, ce qui est aussi possible en réduisant le nombre de spires de la bobine S′. Deux bornes parallèles au détecteur D se prêtent à la recherche des propriétés d'autres détecteurs en les comparant avec l'instrument fixe D. Le téléphone peut être remplacé par un galvanomètre (à courte durée d'oscillation, galvanomètre à corde, etc.), soit pour l'inscription des signaux reçus, soit pour des recherches scientifiques.

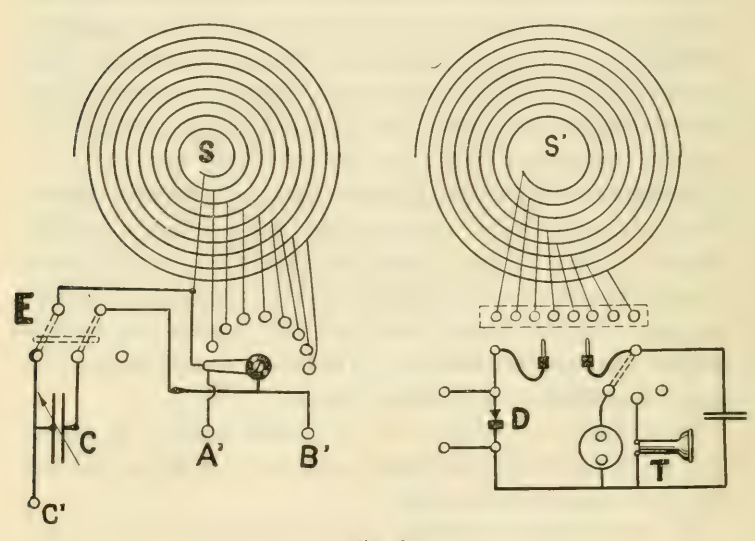


Fig. 1

La disposition décrite ci-devant est d'ailleurs le système bien connu employé par la société « Telefunken » pour ses stations de commerce. Ce n'est qu'un seul exemple d'un grand nombre de dispositions réceptrices qu'on peut exécuter avec notre appareil.

Pour démontrer le fonctionnement d'un poste simple d'amateur il suffit déjà de se servir de la bobine S′ avec le circuit de

détecteur, la bobine S étant enlevée. Si l'on dispose d'un petit variomètre dans l'antenne on peut toujours trouver l'accord juste de cette dernière quoique la bobine S′ ne soit divisée qu'en 8 parties. Dans la description complète de l'appareil [1] on trouvera de plus amples détails.

L'appareil peut aussi fonctionner comme fréquence-mètre ; en accordant l'antenne avec la bobine S′ et le petit variomètre, on cherche d'abord la station dont la longueur d'onde doit être déterminée toujours en employant un accouplage très lâche entre antenne et circuit détecteur. Avec la bobine S et



Fig. 2

le condensateur variable C on forme ensuite un circuit fermé qu'on accouple aussi lâchement que possible au circuit d'antenne. En ayant soin de brancher maintenant le circuit détecteur sur les pôles du condensateur (ce qui s'effectue très aisément au moyen des fiches représentées sur la figure), on

[1] Voir : *Verhandlungen der Basler Naturforschenden Gesellschaft*, 1914, t. XXV, p. 150.

accorde le circuit fermé et mesure ainsi par distance la longueur d'onde d'un poste émetteur éloigné. En calculant λ avec le coefficient de self de la bobine et la capacité du condensateur selon la formule de Kirchhoff-Thomson, on obtient toujours des valeurs trop petites si on néglige l'influence de la capacité de la bobine.

L'auteur a démontré, en outre, qu'il est possible de mesurer la longueur d'onde avec un circuit fermé sans les inconvénients apportés par le circuit détecteur branché sur les pôles du condensateur. Avec le circuit fermé (C S) accordé sur l'onde du poste éloigné que l'on approche au circuit antenne-bobine S'-détecteur, il est possible de supprimer complètement les oscillations dans le récepteur. Le moment où le téléphone se tait annonce l'accord juste du circuit fermé.

Avec les deux bobines S et S' on peut combiner un variomètre universel de la manière suivante :

1. Bobine S parallèle à la bobine S'. La résistance du système se réduit de moitié ce qui est important pour l'amortissement

a) les enroulements ont le même sens. En augmentant la distance entre les deux bobines plates on diminue le coefficient de self dans notre cas :

$$L_{min} = 1{,}811{,}000 \text{ cm.} \quad L_{max} = 4{,}900{,}000 \text{ cm.}$$

b) enroulement S en sens opposé de S'. En augmentant la distance entre les bobines on agrandit le coefficient de self.

$$L_{min} = 287{,}600 \text{ cm.} \quad L_{max} = 2{,}442{,}000 \text{ cm.}$$

2. Bobine S en série avec bobine S'. Pour recevoir les grandes longueurs d'onde avec des antennes de dimensions restreintes il faut des grandes selfs. On distingue deux cas :

a) enroulements dans le même sens. Avec notre appareil on trouve :

$$L_{min} = 10{,}790{,}000 \text{ cm.} \quad L_{max} = 19{,}410{,}000 \text{ cm.}$$

b) enroulements en sens opposé

$$L_{min} = 1{,}100{,}000 \text{ cm.} \quad L_{max} = 9{,}802{,}000 \text{ cm.}$$

Toutes les valeurs sont mesurées avec les bobines entières. Inutile de dire que l'on peut se servir aussi des subdivisions.

Avec une petite antenne (capacité 500 cm.) l'auteur a pu recevoir à Bâle, pendant la journée, les stations de Paris (λ = 2200 m.), de Nauen (λ = 6000 m.), de Norddeich (λ = 1650 m.) et beaucoup d'autres. Pendant la nuit on entendait régulièrement Saintes-Maries-de-la-Mer, à l'embouchure du Rhône, Poldhu, en Angleterre, et un grand nombre de postes français et allemands. L'appareil a rendu de bons services dans les recherches préliminaires pour l'étude de l'éclipse solaire, en août 1914. Malheureusement, la guerre européenne a mis fin aux travaux radiotélégraphiques.

LA

SYNTHÈSE DES COLORANTS

PAR

E. NOELTING

L'origine de la teinture se perd dans la nuit des temps. Les livres saints des diverses nations, la Bible entre autres, en font mention, témoin l'habit bigarré de Joseph qui suscitait l'envie de ses frères. La pourpre, dès la plus haute antiquité, était l'attribut de la dignité royale. Il est probable qu'aussitôt que les hommes apprirent à filer les matières textiles d'origine animale et végétale, la laine, le lin, la soie et le coton et à transformer les filés en tissus, ils se soient ingéniés à colorer les vêtements dont ils se revêtaient pour se préserver du froid et aussi pour se parer.

Les couleurs leur étaient fournies par les trois règnes animal, végétal et minéral. Les unes étaient directes, c'est-à-dire teignaient les étoffes sans aucune préparation préalable, d'autres ne se fixaient qu'à la suite de traitements plus ou moins compliqués avec des adjuvants divers appelés généralement mordants. Il ne peut entrer dans le cadre de ce mémoire de donner une étude historique complète de l'application des diverses couleurs naturelles. Les personnes s'intéressant plus particulièrement à cette question pourront consulter l'excellent traité du professeur Otto N. Witt : « Chemische Technologie der Gespinstfasern ».

Jusqu'au milieu du siècle dernier les colorants tirés du règne végétal et animal furent les seuls employés. Leur nombre était relativement restreint, mais en les combinant entre eux et avec des mordants divers, on arrivait à obtenir sur tissu toutes les couleurs franches et un grand nombre de nuances rabattues.

Les matières premières employées jusque vers 1850 étaient les suivantes :

L'indigo, pour teindre en bleu et donner des fonds pour certains noirs bleutés ainsi que pour des verts et des violets.

La garance, pour rouges, violets, noirs et bruns.

Les bois rouges, brésil et santal, pour rouges et bruns.

Les bois et baies jaunes: cuba, quercitron, fustet, graines de Perse, gaude, épine-vinette, curcuma, servant non seulement à teindre en jaune, mais donnant avec d'autres produits des nuances mixtes, par exemple en combinaison avec l'indigo du vert, avec les rouges de l'orangé, etc.

La cochenille, pour écarlate et amaranthe.

Le safflor, pour rouge; l'orléans, pour orangé ; l'orseille, pour rouges brunâtres et violâtres, ainsi que pour nuances mixtes.

L'orcanette, pour violets, n'était déjà plus guère employée.

Le bois de Campêche enfin, donnait suivant les mordants des violets, des bleus et des noirs.

Ajoutons à cela le cachou, pour nuances brunes, et les divers tannins: noix de galle, dividivi, sumac, pour gris et noirs, et nous aurons épuisé la liste des colorants employés en Europe. La pourpre des murex, qui avait été d'un emploi si important dans l'antiquité, avait complètement disparu depuis l'invasion des Barbares. Dans les pays d'Orient, aux Indes en particulier, quelques autres colorants étaient encore employés et le sont même encore actuellement, mais sur une échelle peu importante ; ils n'ont jamais pénétré dans nos pays.

Le premier colorant artificiel introduit en teinture fut l'acide picrique ou trinitrophénol, obtenu d'abord par l'action de l'acide nitrique sur l'indigo, puis sur la soie, diverses résines et autres produits végétaux. Laurent le prépara en nitrant le phénol retiré du goudron de houille et le rendit ainsi facilement accessible. C'est à Guinon, de Lyon, que revient le mérite d'avoir inauguré, en 1849, son application à la teinture de la soie, pour obtenir des jaunes et, en combinaison avec les colorants végétaux, des nuances mixtes. L'acide picrique fut appliqué aussi à la laine, mais il ne teint en aucune façon les fibres végétales. Il fut employé jadis en quantités importantes, mais il a été depuis longtemps remplacé par d'autres colorants plus

avantageux et sert maintenant surtout comme explosif (mélinite). En 1855, on porta l'attention sur la murexide dérivée de l'acide urique, découverte par Prout et étudiée par Liebig et Woehler, en 1838.

L'application sur soie et laine est due à Depouilly frères, l'application sur coton à Charles Lauth, dont les essais datent de 1856.

En 1856, W. H. Perkin, en oxydant l'aniline par le bichromate obtint un colorant violet, la mauvéine, qui grâce à sa beauté bien supérieure à tous les violets connus jusqu'alors, obtint un rapide succès.

En 1859, la fuchsine fut découverte par Verguin et fabriquée par la maison Renard frères et Franc, de Lyon. C'est de ce moment que date surtout l'essor de l'industrie des matières colorantes artificielles.

Les violets et bleus d'aniline, de Girard et de Laire, la coralline de Jules Persoz (cette dernière obtenue aussi indépendamment par Kolbe et Schmitt), la phosphine de Nicholson, le vert à l'aldéhyde de Cherpin, le violet Hofmann, le vert à l'iode et le violet méthyle de Charles Lauth furent découverts coup sur coup entre 1860 et 1866. Les teinturiers et imprimeurs avaient, de cette manière, à leur disposition une foule de colorants nouveaux donnant des teintes d'une richesse, d'une beauté et d'un brillant inconnus jusqu'alors, et qui semblaient en conséquence devoir révolutionner l'art de la teinture. Malheureusement tous ces colorants nouveaux étaient peu solides et le public désappointé par la fugacité des nouvelles teintes se détacha des « couleurs d'aniline » et revint, du moins pour tous les articles de bonne qualité, aux anciennes couleurs, dont bon nombre était d'une solidité satisfaisante. C'est de cette époque que date la méfiance de beaucoup de personnes contre les couleurs artificielles, méfiance justifiée à ce moment-là, mais qui ne l'est plus du tout maintenant. Nous verrons, en effet, que les chimistes ont réussi non seulement à reproduire artificiellement les colorants naturels les plus importants et les plus solides, l'alizarine et l'indigo, mais à créer par synthèse un très grand nombre de colorants dépassant en solidité tout ce que nous fournit la nature.

L'année 1863 vit naître le premier procédé vraiment pratique de noir d'aniline, que les essais antérieurs de Crace Calvert, Wood et Wright et autres n'avaient pas réussi à rendre réellement industriel. Ce procédé d'oxydation de l'aniline, basé sur l'emploi simultané des chlorates et des sels de cuivre, découvert par Lightfoot et perfectionné en 1864 par Charles Lauth, est employé encore actuellement sur une vaste échelle, de même que celui de Cordillot, au ferricyanure, qui date également de 1863, et à qui Prud'homme a donné sa forme actuelle.

Enfin, le brun de phenylène-diamine (brun de Manchester, brun Bismarck) et le binitronaphtol (jaune de Martius) furent introduits dans l'industrie en 1863-64.

La naphtazarine, beau colorant à mordants, découvert dès 1861 par Roussin, n'eut de succès industriel que beaucoup plus tard, en 1887, quand René Bohn eut l'idée de le bisulfiter et de l'employer sur mordant de chrome.

Les années 1868-69 furent d'une importance exceptionnelle pour l'industrie des matières colorantes artificielles. En 1868, Graebe et Liebermann communiquèrent à la Société chimique de Berlin que l'alizarine était un dérivé de l'anthracène et non de la naphtaline, comme on l'avait cru jusqu'alors, et qu'ils l'avaient reconnue comme une dioxyanthraquinone. Le 11 janvier 1869, ils firent savoir qu'ils l'avaient obtenue par synthèse en partant de l'anthracène et, quelques mois plus tard, ils publièrent leur procédé basé sur la fusion alcaline de la bibromanthraquinone. Caro constata bientôt après qu'au lieu du dérivé bromé on peut employer le dérivé sulfoné et rendit ainsi le procédé réellement pratique. W. H. Perkin fit simultanément la même découverte. La fabrication de l'alizarine artificielle, commencée aussitôt en Allemagne et en Angleterre, prit un essor rapide et en moins de dix ans la garance se trouvait pour ainsi dire complètement remplacée par son émule artificiel. La synthèse ne fournit pas seulement l'alizarine et la purpurine contenues dans la garance, mais aussi deux colorants isomères de cette dernière, l'anthra- et la flavopurpurine qui sont fabriquées encore aujourd'hui, comme l'alizarine, sur une échelle très importante. Mais l'esprit inventif des chimistes ne s'arrêta pas là. En traitant l'alizarine par l'acide nitreux

ou l'acide nitrique, on obtint un orangé, la nitroalizarine (Rosenstiehl 1875, Caro 1876), et au moyen de celle-ci le bleu d'alizarine (Prud'homme 1877). Enfin Bohn, de la Badische Anilin- & Soda-Fabrik, d'un côté, et Robert E. Schmidt des Farbenfabriken Elberfeld de l'autre, en traitèrent, le premier, le bleu d'alizarine, le second, l'alizarine par de l'acide sulfurique très riche en anhydride. Plus tard ils appliquèrent l'un et l'autre cette réaction aussi aux nitroanthraquinones et à l'anthraquinone. Ils obtinrent une série de produits d'oxydation, savoir : les bleu-vert, vert et indigo d'alizarine, l'alizarine-bordeaux, les alizarine-cyanines, les bleus d'anthracène, tous colorants à mordants d'une grande solidité, en particulier sur mordant de chrome et applicables sur laine aussi bien que sur coton.

En 1897, Schmidt, par la découverte des alizarine-saphirols et des verts d'alizarine-cyanine, montra que l'anthraquinone est aussi susceptible de fournir des colorants teignant la laine directement, sans mordant, et joignant à la solidité des couleurs d'anthracène, la beauté et le brillant des couleurs d'aniline.

En 1901, Bohn découvrit l'indanthrène et le flavanthrène, deux couleurs à cuve anthracéniques, le premier bleu, le second jaune, teignant le coton de la même manière que l'indigo, mais surpassant de beaucoup en solidité ce colorant réputé et permettant d'obtenir des bleus, des jaunes et des verts plus grand teint que ceux qu'on avait produits jusque là avec les colorants naturels.

D'autres colorants à cuve y furent ajoutés, soit par Bohn et ses collaborateurs, à la Badische, soit par Schmidt et les chimistes des Farbenfabriken Elberfeld. Cette fabrique, en particulier, inaugura la série des algols, autres colorants à cuve anthraquinoniques, se distinguant comme les précédents par leur grande solidité.

L'anthracène a, de cette manière, acquis dans ces dernières années une importance nouvelle et insoupçonnée jusqu'alors.

Aucun de ces très nombreux colorants nouveaux ne se trouve dans les plantes ou dans les animaux ; ils sont tous la création du génie humain.

Notons en passant que Bohn et Schmidt sont tous deux anciens élèves du Polytechnikum fédéral.

La garance produite annuellement se montait vers 1870 à 50 millions de kilogrammes, d'une valeur de 55 millions de francs et correspondant à environ 750,000 kilogrammes de matières colorantes pures, la teneur de la garance étant tout au plus de 1 $^1/_2$ %. Le prix des colorants était donc d'à peu près 70 francs le kilogramme. En 1884, la production en alizarine artificielle était déjà de 1,350,000 kilogrammes et en 1900 de deux millions, dont les quatre cinquièmes étaient fabriqués en Allemagne. Le prix des alizarines pures était de moins de 10 francs par kilo contre plus de 70 francs pour l'ancien produit naturel, et depuis ce moment il a encore beaucoup baissé. Actuellement l'exportation allemande en couleurs d'anthracène diverses se monte à elle seule à 27 millions de francs.

La matière colorante de l'orseille, l'orcéine, ne se trouve pas toute formée dans les lichens ; elle n'est produite aux dépens des principes contenus dans ceux-ci que par des réactions relativement compliquées, de sorte qu'on peut pour ainsi dire la considérer comme une matière colorante « artificielle ». Ce serait alors de beaucoup la plus ancienne, car sa découverte date de 1300.

Les lichens contiennent l'érythrine, combinaison de l'acide orcellique avec l'érythrite et l'acide orcellique libre. Lors de la transformation en colorant, l'érythrite est éliminée et l'acide orcellique décomposé à l'état d'orcine. Cette dernière fournit ensuite sous l'action simultanée de l'ammoniaque et de l'air, le colorant l'orcéine. Pour reproduire celle-ci artificiellement, il s'agit donc seulement de réaliser la synthèse de l'orcine. MM. Vogt et Henninger, à Paris, ont résolu ce problème en 1872, en sulfonant le chlorotoluol (mélange d'ortho et de para) et fondant l'acide sulfonique de l'orthochlorotoluol avec l'alcali caustique. L'orcine synthétique revient malheureusement trop cher. D'ailleurs, à partir de 1876, on a découvert toute une série de matières colorantes azoïques rouges, très bon marché, qui ont remplacé l'orseille, sauf pour quelques applications spéciales.

L'indigo, le « roi des colorants », a été étudié dès le début du XIXe siècle, par nombre de chimistes distingués, parmi lesquels nous ne citerons que Berzelius, Fritzsche, Dumas,

Laurent et Erdmann, qui tous ont obtenu des résultats intéressants. Mais l'éclat de ces travaux se trouvent effacé complètement par ceux d'Adolphe Baeyer. C'est à ce grand maître de la chimie organique que nous devons une étude du groupe indigotique qui restera un modèle de sagacité et de persévérance unies à une habileté expérimentale remarquable. Baeyer réussit à éclaircir complètement la constitution de l'indigotine et de ses nombreux dérivés et à en réaliser des synthèses par des méthodes les plus diverses. Ces travaux ont été poursuivis par Baeyer, à partir de 1865, pendant une période de près de vingt années et lui ont permis de définir la position de chaque atome dans la molécule complexe de l'indigotine avec une certitude absolue. Nous serions entraînés trop loin si nous voulions passer en revue toutes les recherches de cet illustre chimiste ; nous nous contenterons de signaler celles qui ont eu une répercussion industrielle directe. La Badische Anilin- & Soda-Fabrik, à Ludwigshafen, s'est intéressée dès le début à ces travaux et a étudié, au point de vue de la mise en pratique, les découvertes du grand savant. C'est grâce à l'habileté, à la patience et aux ressources inépuisables de cette importante maison que toutes les difficultés pratiques ont pu être vaincues. Il a fallu pour cela près de vingt ans également. Les essais ont été commencés vers 1879 et c'est seulement en 1897 que l'indigo artificiel en substance a fait son entrée définitive dans la grande industrie.

La première synthèse de l'indigotine de Baeyer date de 1869 ; elle fut perfectionnée en 1879, mais ne devint jamais industrielle (transformation de l'isatine en chlorure et réduction ultérieure). Sur le même principe, réduction d'un dérivé alpha de l'isatine, dans l'espèce l'isatine-anilide, repose la synthèse de Sandmeyer (1899) qui fut exploitée pendant quelque temps industriellement par la maison Geigy, de Bâle. En 1880, Baeyer réussit à transformer l'acide cinnamique en indigo par des réactions relativement longues et compliquées, mais pourtant assez nettes pour permettre l'espoir d'une réalisation pratique. Le procédé se divise dans les phases suivantes : préparation de l'acide cinnamique en partant de la benzaldéhyde, nitration, séparation des deux acides nitrés, ortho et para, au moyen de leurs éthers, addition de brome à l'éther de l'acide

ortho, traitement à la potasse alcoolique, qui élimine le brome en saponifiant en même temps l'éther et donnant le sel de potassium de l'acide orthonitrophénylpropiolique, transformation de celui-ci en indigo par l'action simultanée des alcalis et des réducteurs. Malgré tous les efforts de la Badische Anilin- & Soda-Fabrik, le procédé resta trop coûteux pour permettre la fabrication de l'indigo en substance, mais l'acide propiolique fut employé pendant quelques années pour former directement l'indigo sur tissu, jusqu'à ce que ce problème fût résolu d'une manière plus économique par le « sel d'indigo » de Kalle (1892).

En 1882, Baeyer transforma nettement l'orthonitrobenzaldéhyde en indigo par l'acétone et l'alcali. Ce procédé serait tout à fait pratique si l'on pouvait produire l'orthonitrobenzaldéhyde à un prix suffisamment bas. Il a même été exploité en grand pendant un certain temps par les Usines du Rhône (anciennement Gilliard, Monnet & Cartier, à La Plaine, près Genève et Lyon) et les Farbwerke Hoechst, mais il est maintenant complètement abandonné.

Toutefois le produit intermédiaire de cette réaction, l'ortho-nitro-phényl-lactyl-cétone, a été employé depuis 1892 pendant une vingtaine d'années sur une assez grande échelle pour produire l'indigo sur le tissu même et a remplacé pour cet usage complètement l'acide propiolique. La cétone a, de son côté, presque complètement disparu à son tour depuis l'invention des hydrosulfites stables au moyen desquels on fixe maintenant aisément l'indigo même sur les tissus (maison Zuendel, de Moscou). En traitant l'acide orthonitrophénylpropiolique par l'acide sulfurique, Baeyer le transforma en acide isatogénique qui, par réduction, fournit l'acide indoxylique et par élimination ultérieure d'acide carbonique, l'indoxyle. Ces deux corps sous l'influence des oxydants donnent nettement l'indigo. Pour arriver à la production industrielle de celui-ci, il fallait donc seulement arriver à une synthèse *industrielle* de ces deux corps, celle partant de l'acide propiolique étant évidemment trop dispendieuse. Ce fut Heumann, professeur au Polytechnikum de Zurich, qui résolut ce problème en 1891 en faisant réagir les alcalis fondants sur la phénylglycine et l'acide phénylglycine-carbonique. La Badische Anilin- & Soda-Fabrik prit en

main la réalisation industrielle des procédés Heumann et, après six années d'études, elle réussit pleinement à produire l'acide phénylglycine-carbonique dans des conditions économiques. Les diverses phases de cette synthèse sont les suivantes : oxydation de la naphtaline en acide phtalique par l'action de l'acide sulfurique fumant en présence de mercure, transformation de l'acide phtalique en acide anthranilique en passant par la phtalimide, enfin action de l'acide chloracétique sur l'acide anthranilique pour obtenir l'acide phénylglycine-carbonique. La préparation de l'indigo au moyen de celui-ci est ensuite très nette. Quant à la phénylglycine qui s'obtient aisément par l'action de l'acide chloracétique sur l'aniline, on ne réussit d'abord pas à la transformer en indigo avec des rendements suffisants. Ce fut seulement en 1901 que Pfleger, de la Deutsche Gold- und Silberscheideanstalt surmonta cette difficulté en ajoutant à l'alcali fondant de la sodiumamide. Le procédé fut cédé aux Farbwerke Hoechst qui l'exploitent maintenant sur une très grande échelle. En remplaçant la sodiumamide par la sodiumanilide ou l'oxyde de sodium, la Société pour l'industrie chimique, de Bâle, obtint également des résultats favorables. Ces deux derniers procédés fonctionnent à l'usine de Monthey, dans le Valais (invention Bischler).

Toutefois, contrairement à ce qui était arrivé pour la garance, qui avait complètement disparu du marché une dizaine d'années après l'introduction de l'alizarine artificielle dans l'industrie, l'indigo naturel se maintient encore. Sa production a pourtant considérablement diminué et il est à prévoir qu'elle finira par être complètement abandonnée. Grâce au bon marché du produit synthétique, environ 8 francs par kilo, tandis que le produit naturel calculé en 100 pour cent, valait 20 francs en 1897 et 30 francs vers l'année 1890, l'indigo a trouvé des emplois de plus en plus considérables et les quantités produites par synthèse dépassent déjà notablement celles que fournissait la culture avant 1897. L'Allemagne, en 1913, a exporté pour 66 millions de francs d'indigo, ce qui doit correspondre à peu près à 8 millions de kilogrammes de produit pur calculé à 100 pour 100, c'est-à-dire à une quantité plus forte que n'était la production mondiale du produit naturel à la fin du dernier siècle.

A cela s'ajoute l'indigo consommé en Allemagne même, qu'on peut estimer à une dizaine de millions et celui fabriqué en France et en Angleterre par les succursales des fabriques allemandes.

La valeur de l'indigo exporté des Indes était en 1896 de 45 millions de francs ; depuis elle a décru d'année en année et elle est tombée en 1911 à environ 6 millions. Il est probable que d'ici quelques années la culture de l'indigo aura vécu.

Jusqu'au commencement de ce siècle l'indigo fut le seul colorant à cuve, c'est-à-dire se fixant sur tissu à l'état de leucodérivé et s'oxydant ensuite à l'air, si nous exceptons l'indophénol qui n'eut qu'un succès limité et éphémère. En 1901, René Bohn découvrit l'indanthrène et le flavanthrène, dérivant tous deux de l'anthraquinone, ainsi que nous l'avons déjà mentionné précédemment et, depuis cette époque, l'industrie des colorants à cuve anthraquinoniques s'est développée d'une manière extraordinaire.

En 1905, Friedlaender dirigea la chimie des colorants indigotiques dans une voie nouvelle en réalisant la synthèse du thioindigo et de l'écarlate de thioindigo, analogues sulfurés de l'indigo et de l'indirubine qui furent introduits dans l'industrie par la maison Kalle. A ces deux premiers représentants vinrent bientôt se joindre toute une série d'autres colorants « indigoïdes ».

En 1907, Engi, de la Société pour l'industrie chimique, à Bâle, prépara l'indigo tétrabromé, qui sous le nom de bleu Ciba trouva bientôt des emplois importants. D'autres dérivés bromés de la série indigotique et thioindigotique ne tardèrent pas à faire leur apparition.

En 1910, Engi et Fröhlich découvrirent par l'action du chlorure de benzoyle sur l'indigo dans des conditions déterminées, le jaune Ciba 3 G, colorant à cuve d'un jaune pur applicable sur laine et sur coton, tandis que le flavanthrène ne peut teindre que cette dernière fibre.

Par l'action du chlorure de phénylacétyle sur l'indigo mi-sulfuré, mi-azoté, le violet Ciba (2.thionaphtène-2.indolindigo) Engi obtint un colorant rouge écarlate teignant également sur cuve, tandis qu'avec l'indigo, ce même chlorure forme un corps rouge insoluble, non susceptible d'être cuvé, mais employable

comme couleur plastique vu ses qualités remarquables de beauté et de solidité.

Il est certain que la chimie des matières colorantes indigoïdes est loin d'avoir dit son dernier mot.

Les matières colorantes jaunes naturelles ont été étudiées par un grand nombre de chimistes distingués, parmi lesquels je ne citerai que Schutzenberger, Hlasiwetz, Herzig, Perkin et Kostanecki. Se basant sur les travaux de ses prédécesseurs et sur les siens propres, le savant professeur de Berne émit l'hypothèse que tous ces colorants dérivent d'une seule et même substance-mère, la flavone, tout comme les divers colorants de la garance sont des dérivés de l'anthraquinone. Il s'attacha alors à les reproduire artificiellement et publia, en collaboration avec de nombreux élèves, une série de travaux des plus remarquables. En 1898, il réussit à réaliser la synthèse de la flavone ; en 1899, il prépara la chrysine, une dioxyflavone découverte par Jules Piccard, de Bâle. La chrysine n'est pas encore un colorant proprement dit ; elle le devient seulement par introduction de deux groupes hydroxyles voisins l'un de l'autre. En 1900, Kostanecki, en collaboration avec Tambor et Rosycki, obtint la lutéoline, matière colorante de la gaude, dérivé tétrahydroxylique de la flavone et réalisa ainsi la première synthèse d'un colorant jaune naturel employé en teinture. Mentionnons toutefois que l'euxanthone, le colorant jaune du purrée ou jaune indien, employé seulement dans la peinture, mais non dans la teinture, avait été obtenu artificiellement par Graebe, alors professeur à Genève, dès l'année 1889.

Les colorants jaunes des bois de teinture, la fisétine, la quercétine, la morine et la rhamnétine, contenue dans les graines de Perse, dérivent d'une flavone dans laquelle l'hydrogène du noyau pyronique est remplacé par un hydroxyle. Kostanecki nomme ce corps flavonol et réussit à en faire la synthèse en 1904. Dans cette même année il obtint aussi la fisétine et la quercétine. La synthèse de la morine enfin fut réalisée en 1906. Comme la rhamnétine est un éther monométhylique de la quercétine, sa synthèse pouvait être considérée comme effectuée du moment qu'on avàit celle de la substance mère. Deux synthèses nouvelles de la flavone, différentes de la première, furent

trouvées en 1900 et 1904 et une seconde synthèse de la lutéoline en 1904. En dehors des flavones et des flavonols produits par les plantes, Kostanecki et ses collaborateurs en préparèrent un grand nombre d'autres qui n'ont pas été trouvées dans le règne végétal.

A partir de 1906, le chapitre des matières colorantes jaunes à mordants étant complètement étudié, Kostanecki se tourna plus particulièrement vers d'autres domaines et réussit à jeter de la lumière sur la constitution de la catéchine et de la curcumine. En 1910, ses travaux furent arrêtés par une mort prématurée dont ses amis ne se consoleront jamais. Son élève, Victor Tambor, son collaborateur de vingt ans, est devenu son successeur. Sans nul doute il réussira à compléter et à mener à bonne fin l'œuvre inachevée.

La constitution de la brésiline (bois rouge) et de l'hématoxyline (bois de Campêche) peut être considérée comme déterminée d'une manière presque certaine, grâce aux travaux de Kostanecki et de Perkin. La synthèse de ces deux produits n'a pourtant pas encore été effectuée et il est probable qu'elle présentera des difficultés très grandes, sinon insurmontables. Dût-on parvenir à surmonter ces difficultés, il est néanmoins certain que cette synthèse n'aurait aucune portée industrielle. La brésiléine n'est pas bon teint et elle est dépassée par nombre de colorants de synthèse. Quant à l'hématoxyline, qui a des propriétés excellentes et dont on se passerait difficilement, malgré le très grand nombre de noirs artificiels, son prix de revient, dans le bois de Campêche (4 à 5 francs au maximum) est si bas, que nous n'aurons jamais aucune chance de préparer un produit synthétique à un prix pareil. Même si, par suite de la raréfaction du bois le prix devait monter, la synthèse nous semble-t-il, n'offrirait pas de chance de succès. Seulement, si le bois devenait trop cher, on finirait par s'en passer en teinture et l'on trouverait certainement des succédanés artificiels pour le remplacer. Tant que les prix actuels se maintiendront, le campêche gardera par contre son emploi, surtout dans la teinture de la soie en noir.

La consommation du bois de Campêche, d'après une communication que M. Zubelen, directeur de l'usine d'extraits Geigy,

a bien voulu nous faire, se monte encore à environ 170-180,000 tonnes d'une valeur d'environ 24 à 28 millions de francs.

La constitution de l'acide carminique, qui a fait l'objet de travaux nombreux (Liebermann, von Miller et Rohde, etc.) n'est pas encore complètement établie, bien que les recherches récentes de Dimroth semblent s'approcher très près du but. L'acide carminique paraît être aussi un dérivé de l'anthracène. La synthèse, dût-elle réussir, on peut affirmer également qu'elle n'aurait pas de valeur pratique, car il ne semble pas admissible qu'elle puisse jamais être très économique. Or, la cochenille a trouvé dans les colorants rouges azoïques tant de concurrents, très bon marché, que son emploi a diminué très considérablement. L'importation en Allemagne en 1913, n'a plus été que de 80,900 kilogrammes, d'une valeur de 364,000 francs.

La constitution de la curcumine a fait l'objet du dernier travail de notre regretté ami Kostanecki. La synthèse n'a pas encore été réalisée, mais quand elle le sera — ce qui ne semble qu'une question de temps, la voie étant ouverte — elle n'aura pas de portée pratique. La curcumine est, en effet, pour ainsi dire, complètement supplantée par des colorants artificiels plus solides. Par contre, dans le travail mentionné ci-dessus, Kostanecki prévoit la synthèse de nombreuses classes de colorants montrant, comme constitution, des analogies avec la curcumine. Quand ces expériences auront été réalisées par les élèves et successeurs de l'illustre maître, il se trouvera peut-être parmi ces nouveaux venus des types trouvant une application industrielle.

La bixine (orléans), la carthamine (saffior), la santaline (bois de santal) et l'anchusine (orcanette), ne sont pas encore éclaircies comme structure. La résolution de ce problème aurait certainement un grand intérêt théorique, surtout pour les deux premières, qui sont des matières colorantes substantives pour coton, mais au point de vue pratique leur préparation artificielle n'aurait aucune importance. Ces colorants sont, en effet, très faux teint et ont été depuis longtemps détrônés par des produits artificiels plus solides. La synthèse de la santaline qui, d'après Grandmougin, est aussi un dérivé de l'an-

thracène, aurait peut-être un plus grand intérêt, mais, jusqu'à présent, il nous manque les prémisses pour l'entreprendre. Quant à l'anchusine, elle est peut-être un dérivé du méthyl-anthracène, car elle donne ce carbure quand on la distille avec de la poudre de zinc.

La berbérine, la seule matière colorante basique naturelle, n'a jamais eu qu'un emploi relativement restreint. Elle est un dérivé compliqué de l'isoquinoléine. Sa constitution a été établie par W. H. Perkin fils. Pictet et Gams, de Genève, en ont réalisé récemment la synthèse.

Les synthèses des colorants du groupe de la flavone, de la curcumine, de la berbérine ne pourront jamais avoir de répercussion industrielle, vu qu'elles sont beaucoup trop coûteuses. Elles n'en présentent pas moins un intérêt de premier ordre au point de vue de la chimie théorique. Il en est de même de la synthèse des tannins dont la nature est bien éclaircie par les travaux de Hugo Schiff et surtout d'Emile Fischer, ainsi que pour les constituants du cachou, catéchine et acide cachoutannique. Ces produits, dans les plantes, reviennent à trop bon marché pour qu'on puisse jamais espérer les synthétiser à des prix pouvant lutter avec les produits naturels. On a trouvé toutefois de nombreux succédanés artificiels au cachou et aux tannins employés en teinture, dans le domaine des colorants azoïques et soufrés et, dans ces dernières années, on a essayé aussi pour le tannage des cuirs, à côté des sels de chrome, divers dérivés de la série aromatique.

Au point de vue de la synthèse industrielle des colorants naturels, il ne reste, comme nous venons de le voir, pour ainsi dire plus rien à faire. Mais le rôle de la chimie synthétique ne se borne pas à reproduire ce que nous a fourni la nature. Il est infiniment plus vaste. D'une part, le chimiste synthétiseur, après avoir reproduit les produits naturels, en prépare artificiellement des dérivés, des homologues, des analogues et, d'autre part, il crée de toutes pièces des familles entières d'êtres artificiels que la nature n'a jamais produits. C'est dans cette voie que la chimie des matières colorantes a trouvé ses plus grands triomphes. On a fabriqué de nombreuses familles de colorants dont il n'existe aucun analogue, ni dans les ani-

maux, ni dans les plantes. Ce sont ces colorants dont le nombre va toujours en augmentant qui, à côté de l'alizarine et de l'indigo, font l'objet de cette industrie immense qui ne date pas même de soixante ans et qui donne maintenant une occupation lucrative à plusieurs milliers de chimistes, d'ingénieurs et de commerçants et à au moins soixante mille ouvriers.

Les matières colorantes obtenues par la synthèse chimique sont au nombre de bien des dizaines, pour ne pas dire de centaines de mille, mais la plupart n'ont pas trouvé d'emploi industriel. Nous ne croyons pourtant pas exagérer en disant que le nombre d'espèces chimiques définies se trouvant dans le commerce atteint plus de deux mille. Les « Farbstofftabellen » du prof. Schultz, dont la dernière édition date de 1913, donnent la composition et les réactions de 923 colorants différents, et il en existe peut-être encore plus, surtout parmi les azoïques et les colorants au soufre, dont la nature, quoique bien établie par les fabricants, n'est pas venue à la connaissance du grand public.

Ces très nombreux colorants appartiennent à un nombre relativement restreint de familles chimiques que nous allons énumérer tout à l'heure. Pour le chimiste au courant de son métier, il n'est pas difficile de préparer dans chaque famille de nouveaux représentants, mais pour que ceux-ci aient des chances de s'introduire dans l'industrie il faut naturellement qu'ils offrent des avantages sur ce qui existe déjà, et là est le point délicat.

Il est, par contre, bien plus malaisé de trouver de nouvelles « familles ». Les colorants de plus d'une famille, quoique intéressants au point de vue théorique, n'ont jamais trouvé d'applications, soit parce qu'ils étaient trop chers, soit parce qu'ils ne présentèrent pas les conditions de solidité requises.

Les familles de colorants employées dans l'industrie sont les suivantes :

1. *Dérivés nitrés.* Leur nombre est très restreint, acide picrique, dinitronaphtol et jaune de naphtol S, c'est-à-dire l'acide sulfonique du précédent. Dans certains cas, l'introduction du groupe nitro dans les colorants appartenant à d'autres classes en modifie les propriétés d'une manière favorable.

2. *Dérivés nitroso.* Même observation.

3. *Dérivés azoïques*. C'est une des classes les plus importantes, sinon la plus importante de toutes. Nous y trouvons des colorants des propriétés les plus diverses : basiques, acides directs pour laine et soie, couleurs à mordants pour laine et coton, chromatables, c'est-à-dire n'arrivant à leur plein développement que par une oxydation ultérieure au bichromate, pour laine ; substantifs teignant le coton sans aucune préparation préalable. Enfin certains colorants azoïques (rouge de paranitraniline, bordeaux de naphtylamine, etc.) sont formés sur le tissu du coton même. L'industrie des matières colorantes azoïques est basée sur les réactions des dérivés diazoïques, découverts par Griess, en 1858, et étudiés par lui jusqu'à sa mort survenue en 1888. Le premier colorant industriel fut le brun de Manchester (Martius, Caro, Griess), fabriqué dès 1863.

Après un long intervalle vinrent alors la chrysoïdine (1876) et les tropéolines (1877) de Witt (la chrysoïdine fut aussi simultanément découverte par Caro) et les orangés et les rouges de Roussin, fabriqués par Poirrier (1875-1877). A partir de ce moment, où l'importance de la présence du noyau naphtalique dans la molécule des colorants azoïques fut constatée pour la première fois, les découvertes se suivent sans interruption et ne sont pas encore arrêtées à ce jour. La synthèse des azoïques est d'une fécondité inépuisable, chaque amine nouvelle, chaque phénol nouveau pouvant donner naissance à des dérivés extrêmement nombreux. Il est difficile de faire un choix judicieux parmi ces innombrables espèces et de reconnaître celles qui, par leurs qualités de solidité, de facilité d'application et de modicité de prix, se montrent les plus avantageuses.

4. *Dérivés triphénylméthaniques*. Depuis la découverte de la fuchsine, en 1859, cette classe de colorants, qui se distingue particulièrement par l'éclat et la pureté des nuances, n'a cessé d'être l'objet d'études ininterrompues. Un grand nombre de produits de cette famille sont employés dans l'industrie ; malheureusement la solidité est en général insuffisante et c'est à cette catégorie de colorants qu'est dû le discrédit qui a pesé pendant longtemps sur les « couleurs d'aniline ». La constitution de ces colorants a été établie par les remarquables travaux d'Emile et d'Otto Fischer.

5. *Dérivés xanthéniques.* A cette classe appartiennent la fluorescéine et ses dérivés, les rhodamines, les pyronines qui, au point de vue du brillant, se placent au même rang que les dérivés triphénylméthaniques, mais les dépassent, quoique pas beaucoup, comme solidité.

6. *Dérivés cétoniques et cétonimidiques.* Quelques oxycétones peu employées et un colorant basique important, l'auramine.

7. *Dérivés thiobenzényliques.* Peu nombreux. A citer la primuline de Green et les thioflavines.

8. *Dérivés quinoléiques.* Peu nombreux, peu solides et employés seulement en photographie à l'exception du jaune de quinoléine qui est un excellent colorant pour laine et soie.

9. *Dérivés acridiniques.* Classe ne comprenant que des jaunes et orangés à caractère basique, entre autres la phosphine.

10. *Indophénols et indamines.* Sans application directe, mais importants comme produits intermédiaires pour les colorants au soufre et les safranines.

11. *Azines, oxazines, thiazines, azoniums.* Familles assez nombreuses, comprenant plus particulièrement les colorants basiques, mais aussi quelques couleurs à mordants et couleurs acides pour laine. C'est à la famille des azoniums qu'appartient le premier colorant artificiel, la mauvéine, découverte ainsi que nous l'avons déjà vu, en 1856 par Perkin. La trouvaille de la mauvéine est due à un heureux hasard. Perkin, en effet, ne cherchait pas à produire des colorants, mais il espérait obtenir la quinine $C_{20}H_{24}N_2O_2$ par l'oxydation de l'allyltoluidine $C_{10}H_{13}N$. Ayant observé la formation d'une coloration, il étudia systématiquement l'action des oxydants sur les amines plus simples, en particulier sur l'aniline, et obtint, par l'action du bichromate, le violet qui porte son nom. Cette découverte amena les chimistes à traiter l'aniline de l'époque, qui était un mélange d'aniline et des deux toluidines, par les réactifs les plus divers, et Verguin, en 1859, observa sous l'action du tétrachlorure d'étain anhydre, la formation de la magnifique couleur rouge, qui fut appelée fuchsine et qui est le premier représentant de la famille triphénylméthanique.

12. *Couleurs au soufre.* Ces colorants, applicables surtout sur la fibre végétale, s'obtiennent par l'action des polysulfures

alcalins sur les produits organiques les plus divers, mais plus particulièrement sur les nitrophénols et sur les dérivés hydroxyliques, aminés et aminohydroxyliques des amines aromatiques secondaires, telles que la diphénylamine, la phénylnaphtylamine et autres. On les teint, comme les couleurs à cuve, à l'état réduit, généralement sur bain de sulfure de sodium. Leur constitution n'est pas encore déterminée. Il est probable que les leucodérivés contiennent des groupes mercaptaniques qui s'oxyderaient en bisulfures, lors du passage des leucodérivés à l'état de matières colorantes.

Les premiers colorants au soufre, les cachous de Laval, furent obtenus par Croissant et Bretonnière, en 1873, par l'action des polysulfures alcalins sur des matières cellulosiques, telle que la sciure de bois. L'essor des couleurs au soufre cependant, ne date que de 1893, année de la découverte du noir Vidal.

Par l'action de polysulfures dans des conditions spéciales sur les indophénols du carbazol et de ses produits de substitution, on a obtenu dans ces dernières années les colorants hydrones (Cassella) qui se distinguent par une grande solidité. D'autre part des dérivés de l'anthraquinone ont fourni les cibanones (Industrie Chimique). Ces produits, d'après leur mode de formation, sont des colorants au soufre mais, d'après leurs propriétés, ils sont à classer dans la catégorie des colorants à cuve, dont ils forment de nouvelles et très intéressantes familles.

13. *Oxyquinones*. Nous avons vu que l'alizarine est une dioxyanthraquinone. Les autres matières colorantes contenues dans la garance, la purpurine, la pseudopurpurine, la munjistine, sont également des anthraquinones hydroxylées. En dehors de ces produits dont la synthèse a été réalisée, on en a préparé un grand nombre d'autres qui ne se trouvent pas dans les plantes : anthra- et flavopurpurine, alizarine-bordeaux, alizarine-cyanine, bleu d'alizarine et bien d'autres. On a aussi préparé des anthraquinones aminohydroxylées et même des dérivés seulement amidés (vert d'alizarine cyanine), applicables surtout à la teinture directe de la laine. Depuis quelques années on a aussi effectué la synthèse de nombreux colorants à cuve, contenant le noyau anthraquinonique.

Parmi les autres quinones assez nombreuses, seule l'alpha-naphtoquinone fournit un dérivé hydroxylique utilisable, la naphtazarine, qu'on emploie telle quelle ou à l'état bisulfité et dont quelques dérivés aussi trouvent leur emploi.

14. *Colorants indigoïdes.* Ainsi que nous l'avons déjà mentionné, à côté de l'indigo qui était seul de son espèce jusqu'en 1905, on a préparé toute une série de couleurs ayant, comme l'indigo, la propriété de teindre à l'état réduit les fibres tant végétales qu'animales. Ces colorants proviennent d'une part de l'action de l'indoxyle et de l'oxythionaphtène sur des corps à caractère quinonique ou cétonique, d'autre part de l'action de l'isatine, de l'isatine-anilide ou des dérivés thio correspondants sur des corps contenant un groupe méthylénique à hydrogène mobile. On les a désignés sous le nom générique de colorants indigoïdes ; beaucoup d'entre eux ont acquis une grande importance industrielle. On travaille toujours très activement dans ce domaine et il n'est point douteux que l'avenir ne nous y réserve encore bien des découvertes.

15. *Noir d'aniline et congénères.* Le noir d'aniline occupe une place à part dans la série des colorants artificiels. Il n'est, en effet, presque jamais produit en nature. Son insolubilité dans les dissolvants usuels rend impossible son application en teinture ; il ne peut être fixé que par impression avec des fixateurs plastiques, tels qu'albumine ou caséine. D'autre part, il est aisé de produire le noir d'aniline sur la fibre même en y traitant l'aniline, dans des conditions convenablement choisies, par des oxydants. C'est ce procédé qui est employé en teinture et en impression sur une vaste échelle, en particulier pour le coton.

Le noir d'aniline, ou plutôt les noirs d'aniline, car il en existe sûrement un certain nombre, ayant d'ailleurs des propriétés rapprochées, appartiennent aux familles des indamines et des azoniums. Bien d'autres bases, oxydées sur tissu, donnent des nuances variant du noir au violet et au brun, mais il n'y a guère que la paraphénylène-diamine (paramine), la métaoxy-aniline (métaamidophénol, fuscamine) et l'ortamine (dianisidine) qui aient trouvé de l'emploi (H. Schmid). L'alphanaphtylamine autrefois usitée a été complètement abandonnée.

(A suivre)

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AUX

FORTIFICATIONS DE SAINT-MAURICE

PENDANT L'ANNÉE 1913

RÉSUMÉ ANNUEL

PAR

Raoul GAUTIER
Directeur de l'Observatoire de Genève

ET

Ernest ROD

I. *Introduction*

Comme l'année précédente, 1913 a été une année médiocre, avec une faible amplitude annuelle due à un hiver chaud et à un été froid. Mais, dans l'ensemble, 1913 est supérieure à 1912, en ce que l'année est plutôt chaude, tandis que 1912 accusait un déficit sensible de température.

Pour la pluie, 1912 avait présenté un fort excédent de pluie ; 1913 est au contraire à peu près normale, avec de légers excédents de pluie seulement pour trois stations.

Ces réflexions générales sont aussi bien vraies pour les stations des fortifications de St-Maurice que pour Genève. Il n'y a d'ailleurs rien eu de changé, en 1913, à l'organisation de ces stations. Elles sont toujours au nombre de quatre : *Lavey-village, Savatan, Dailly et l'Aiguille,* les deux du milieu étant seules des stations complètes. Nous renvoyons donc à ce que nous en disions dans les résumés antérieurs et, en ce qui concerne les corrections des instruments, à celui de l'année 1912.

Nous rappelons seulement que, cette année, comme depuis 1903, nous corrigeons toutes les pressions de Dailly de $+ 1^{mm},2$ afin de les ramener à ce qu'elles auraient été si le baromètre de la station était resté au bureau de tir, là où il se trouvait depuis l'origine des observations, en décembre 1897, jusqu'en mai 1903.

Le service des observations continue à être confié aux sous-officiers des forts. Nous leur adressons ici nos remerciements pour la manière dont ils s'acquittent de leur tâche. Nous sommes heureux aussi de profiter de cette occasion pour exprimer notre reconnaissance à M. le lieutenant-colonel Grosselin, chef du bureau des fortifications, ainsi qu'à Messieurs les officiers placés sous ses ordres, pour la manière dont le service météorologique a marché en 1913.

La forme de la publication des *observations mensuelles* est restée la même que de 1903 à 1912. Elles sont groupées par saisons. La forme du *résumé annuel* a aussi été maintenue, et nous avons partout calculé les résultats et les moyennes pour l'*année civile,* comme pour l'*année météorologique,* quoique le détail des observations de décembre 1913 ne soit pas donné ici.

Les tableaux de ce résumé annuel sont les mêmes que ceux du précédent. Ils portent sur les cinq éléments météorologiques observés aux forts de Saint-Maurice : la *température,* la *pression atmosphérique,* l'*humidité de l'air,* la *nébulosité,* puis la *pluie* et la *neige.* Il s'y ajoute, comme pour les neuf dernières années, quelques petits tableaux supplémentaires relatifs au *brouillard,* à la *persistance de la neige sur le sol,* aux *jours d'orage* et aux cas de *fœhn.*

Enfin, nous y avons joint, depuis 1908, un dernier tableau (XX) comprenant les *écarts* des principaux éléments météorologiques par rapport aux moyennes de dix ans (1898-1907), que nous avons publiées précédemment [1].

Les documents sur lesquels sont basés ces vingt tableaux se trouvent, pour la plupart, dans les tableaux mensuels publiés en premier lieu, et il suffira de les accompagner de quelques brèves explications.

[1] *Archives,* t. XXVIII, p. 274, septembre 1909.

II. *Température*

Les *tableaux I* et *II* fournissent, pour les deux stations de Savatan et de Dailly : 1° les valeurs moyennes des températures des différentes périodes (mois, saisons, année) pour les trois époques diurnes d'observation ; 2° les températures moyennes des mêmes périodes, calculées, comme dans les publications du Bureau central météorologique suisse [1], sur deux formules différentes : *a)* en prenant la moyenne arithmétique des trois températures moyennes diurnes ; *b)* en attribuant un poids double à l'observation de 9 heures du soir ; ce sont ces dernières moyennes que nous avons employées plus loin ; 3° les valeurs moyennes, pour les mêmes périodes, des températures minima et maxima.

Comme nous le disions au début de ce résumé, l'année 1913 n'a, pas plus que 1912, eu des saisons accusées. L'*amplitude annuelle* est de 14°,6 à Savatan et de 13°,2 à Dailly et correspond aux mois d'août et de février aux deux stations. En 1912, elle était également faible, de 14°,9 et de 12°,5 mais correspondait, comme c'est normal, aux mois de juillet et de janvier. Rappelons qu'en 1911, cette amplitude annuelle était de 24°,3 à Savatan et de 19°,8 à Dailly (août-janvier).

Cette année, l'hiver, le printemps et l'automne sont trop chauds de plus d'un degré et l'été est trop froid de près de deux degrés. Juin et août sont au-dessous de la moyenne de 10 ans, mais c'est juillet qui présente l'écart maximum : supérieur à 3°,5. A Genève le mois de juillet 1913 est le plus froid de toute la série qui atteint bientôt un siècle. Le mois relativement le plus chaud de l'année est le mois de mars. Les deux mois d'octobre et de novembre sont aussi relativement très chauds.

Les deux mois de décembre, 1912 et 1913, sont tous deux chauds, mais inégalement ; il en résulte que l'année civile est sensiblement moins chaude que l'année météorologique, à Dailly surtout.

[1] *Annalen der schweiz. meteorologischen Zentralanstalt.*

I. TEMPÉRATURE. SAVATAN (679^m^), 1913.

Période	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Températ. moyenne $\frac{7+1+9}{3}$	Températ. moyenne $\frac{7+1+2\times9}{4}$	Minimum moyen	Maximum moyen
	°	°	°	°	°	°	°
Déc. 1912	+ 1.06	+ 3.08	+ 1.91	+ 2.02	+ 1.99	− 1.0	+ 3.9
Janv. 1913	+ 1.54	3.45	2.26	2.42	2.38	− 0.7	4.1
Février	− 0.29	3.02	1.65	1.46	1.51	− 2.0	4.0
Mars	+ 4.59	9.52	6.57	6.90	6.82	+ 2.6	10.5
Avril	5.17	10.24	7.51	7.64	7.61	3.2	11.8
Mai	9.46	14.63	11.97	12.02	12.01	7.6	17.2
Juin	12.18	17.28	14.68	14.71	14.70	10.5	20.2
Juillet	11.85	16.79	14.32	14.32	14.32	9.7	18.1
Août	13.48	18.22	16.36	16.02	16.10	12.0	20.0
Septembre	11.00	15.08	12.87	12.98	12.95	9.3	16.7
Octobre	9.49	13.10	11.54	11.38	11.42	7.3	14.5
Novembre	6.02	8.73	7.13	7.29	7.25	+ 3.9	9.2
Décembre	0.09	2.53	1.28	1.30	1.29	− 1.5	3.0
Hiver	0.81	3.19	1.95	1.98	1.97	− 1.2	4.0
Printemps	6.42	11.47	8.70	8.86	8.82	+ 4.5	13.2
Eté	12.51	17.43	15.12	15.02	15.04	10.8	19.4
Automne	8.84	12.31	10.53	10.56	10.55	6.8	13.5
Année météorol.	7.18	11.14	9.11	9.14	9.13	5.2	12.6
Année civile	7.09	11.09	9.06	9.08	9.07	5.2	12.5

II. TEMPÉRATURE. DAILLY (1253^m^), 1913.

Période	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Températ. moyenne $\frac{7+1+9}{3}$	Températ. moyenne $\frac{7+1+2\times9}{4}$	Minimum moyen	Maximum moyen
	°	°	°	°	°	°	°
Déc. 1912	+ 1.51	+ 4.86	+ 1.88	+ 2.75	+ 2.53	− 0.4	+ 5.9
Janv. 1913	+ 0.59	2.82	+ 1.33	+ 1.58	+ 1.52	− 1.0	3.9
Février	− 1.49	2.03	− 0.70	− 0.05	− 0.21	− 3.0	3.3
Mars	+ 2.41	6.67	+ 3.89	+ 4.33	+ 4.22	+ 0.6	8.2
Avril	2.39	6.50	3.90	4.26	4.17	0.9	7.9
Mai	7.05	10.90	8.09	8.68	8.53	4.9	12.6
Juin	9.96	13.72	11.19	11.62	11.51	8.1	15.1
Juillet	9.38	13.02	10.66	11.02	10.93	7.6	14.6
Août	11.43	15.70	12.43	13.19	13.00	10.1	17.2
Septembre	9.00	13.04	10.49	10.84	10.75	8.0	15.1
Octobre	8.29	12.09	9.05	9.81	9.62	6.3	14.0
Novembre	+ 3.74	6.26	+ 4.43	4.81	4.71	+ 2.5	7.4
Décembre	− 0.67	2.61	− 0.27	0.56	0.35	− 2.8	4.0
Hiver	+ 0.26	3.28	+ 0.89	1.48	1.33	− 1.4	4.4
Printemps	3.97	8.04	5.31	5.77	5.66	+ 2.1	9.6
Eté	10.26	14.15	11.43	11.95	11.82	8.7	15.6
Automne	7.03	10.48	8.00	8.50	8.37	5.6	12.1
Année météorol.	5.40	9.01	6.43	6.95	6.82	3.8	10.5
Année civile	5.22	8.82	6.25	6.76	6.63	3.6	10.3

En comparant les températures des deux stations dans le courant de l'année, on trouve, comme toujours, une *décroissance variable avec l'altitude* suivant les saisons et les mois. Elle est donnée dans le petit tableau suivant. La différence de hauteur des thermomètres est de 574 mètres.

Saison.	Décroissance de la température. Absolue.	Pour 100 m.
	°	°
Hiver	0.64	0.11
Printemps	3.16	0.55
Été	3.22	0.56
Automne	2.18	0.38

C'est en hiver, comme toujours, que la décroissance est la moins forte, elle est même faible cette année, grâce au fait qu'elle est inversée en décembre 1912, comme en janvier 1911. Cette inversion correspond à une augmentation de 0°,54 soit de 0°,09 pour 100 mètres. La décroissance maximum est, cette année, en mai, où elle est de 3°,48, soit 0°,67 pour 100 mètres.

Les cas d'*inversion de la température* entre les deux stations sont donnés dans le petit tableau suivant. Ils sont relevés sur les tableaux des températures diurnes des différents mois :

Décembre	1912	16 jours	Septembre	1913	1 jour
Janvier	1913	12 »	Octobre	»	6 jours
Février	»	3 »	Novembre	»	3 »
Mars	»	2 »	Décembre	»	10 »
Juin	»	1 »			
Année météorol.		44 jours	Année civile		38 jours

Les cas d'inversion de la température se sont présentés en toutes saisons, mais surtout en hiver et en automne, avec un maximum en décembre 1912 et en janvier 1913, mais, cette année, de nouveau, le total annuel n'est pas élevé et ne dépasse pas le chiffre moyen.

Les *tableaux III* et *IV* fournissent, pour les deux stations, le classement des jours de chaque mois et de l'année d'après leurs températures moyennes, ces températures étant groupées entre des limites variant de 5 en 5 degrés, de — 10° à + 25° pour les deux stations. Ils indiquent en même temps, pour les

III. Classement des Températures diurnes. SAVATAN, 1913.

Période	Nombre de jours dont la température est comprise entre								Jour le plus froid	Jour le plus chaud
	-10° et - 5	- 5° et 0	0° et + 5	+ 5° et +10	+10° et +15	+15° et +20	+20° et +25	+25° et +30		
Déc. 1912	—	8	18	5	—	—	—	—	- 2°.1 les 5 et 7	+ 7°.8 le 28
Janv. 1913	—	3	26	2	—	—	—	—	- 1.1 le 9	5.5 le 5
Février . .	—	7	21	—	—	—	—	—	- 3.3 le 19	4.6 le 11
Mars	—	2	9	15	5	—	—	—	- 0.7 le 9	16.5 le 30
Avril	—	2	7	10	10	1	—	—	- 3.9 le 13	16.1 le 29
Mai	—	—	2	9	11	9	—	—	+ 4.4 le 6	19.5 le 31
Juin	—	—	—	1	13	16	—	—	9.1 le 25	19.8 le 17
Juillet . . .	—	—	—	—	21	8	2	—	10.1 le 24	20.7 le 14
Août	—	—	—	—	13	17	1	—	11.3 le 14	20.1 le 28
Sept.	—	—	—	3	19	8	—	—	9.6 le 15	18.3 les 3 et 4
Octobre . .	—	—	—	10	18	3	—	—	7.2 le 14	18.1 le 28
Nov	—	—	7	16	7	—	—	—	+ 2.5 le 25	14.8 le 1
Déc	1	10	17	3	—	—	—	—	- 5.6 le 31	6.9 le 4
An. mét.	—	22	90	71	117	62	3	—	- 3.9 le 13 avr.	+20.7 le 14 juil.
An. civ. .	1	24	89	69	117	62	3	—	- 5.6 le 31 déc.	id.

IV. Classement des Températures diurnes. DAILLY, 1913.

Période	Nombre de jours dont la température est comprise entre							Jour le plus froid	Jour le plus chaud
	-10° et - 5	- 5° et 0	0° et + 5	+ 5° et + 10	+10° et +15	+15° et +20	+20° et +25		
Déc. 1912	—	4	22	5	—	—	—	- 2°.4 le 3	+ 7°.7 le 29
Janv. 1913	—	8	23	—	—	—	—	- 1.8 le 14	4.9 le 1
Février . .	2	10	14	2	—	—	—	- 6.3 le 17	5.9 le 11
Mars	—	4	11	15	1	—	—	- 3.8 le 9	10.3 le 30
Avril	2	4	11	8	5	—	—	- 8.3 le 13	13.4 le 30
Mai	—	—	8	12	7	4	—	+ 1.0 le 5	17.0 le 29
Juin	—	—	—	9	15	6	—	6.2 le 25	16.8 le 2
Juillet . . .	—	—	—	11	15	5	—	6.3 le 8	17.9 le 14
Août	—	—	—	6	13	12	—	8.3 le 14	18.9 le 27
Sept. . . .	—	—	—	11	16	3	—	7.2 les 10 et 15	17.1 le 3
Octobre . .	—	—	1	15	15	—	—	+ 3.9 le 14	14.2 le 26
Nov	—	1	14	15	—	—	—	- 0.6 le 25	9.5 le 12
Déc	3	8	17	3	—	—	—	- 9.2 le 31	8.2 le 1
An. mét.	4	31	104	109	87	30	—	- 8.3 le 13 avr.	+18.9 le 27 août
An. civ. .	7	35	99	107	87	30	—	- 9.2 le 31 déc.	id.

différents mois et pour l'année, les jours les plus froids et les plus chauds. Il est curieux de noter que le jour le plus froid de l'année météorologique, aux deux stations, a été le 13 avril. C'est aussi ce jour-là, ou le suivant, qu'ont été enregistrées les températures minima de l'année, comme on voit aux tableaux suivants.

Les *tableaux V* et *VI* donnent, en effet, les *températures extrêmes* observées à Savatan et à Dailly, ainsi que les indications sur les nombres de jours où le minimum ou le maximum sont restés au-dessous de zéro, ce qui fournit les totaux de *jours de gel* et de *jours de non-dégel.* Toutes ces indications ne peuvent être prises sur les tableaux mensuels publiés précédemment, mais elles ont été relevées sur les feuilles des observations originales et sur les feuilles de réduction conservées à l'observatoire de Genève. D'après ces deux tableaux, l'*amplitude extrême* de la température n'est que de 34°,6 aux deux stations.

III. *Pression atmosphérique*

Les *tableaux VII* et *VIII* donnent, pour Savatan et pour Dailly, les valeurs moyennes de la pression atmosphérique pour les mois, les saisons et l'année météorologique et civile. Ces valeurs moyennes sont les moyennes arithmétiques des pressions moyennes des mêmes périodes, prises aux trois époques des observations diurnes. Les colonnes suivantes des tableaux fournissent les différences entre ces moyennes des trois observations diurnes et la moyenne générale de la période.

On ne peut naturellement pas, au moyen de ces trois données, déduire la courbe de la *variation diurne* de la pression atmosphérique, mais on peut cependant constater une différence assez sensible dans l'allure des oscillations diurnes des deux baromètres placés à des altitudes différant de 564^{m},75.

Si l'on suit la *variation annuelle* de la pression atmosphérique par les valeurs des pressions moyennes des mois, on constate deux maxima principaux, en décembre 1912 et en juin 1913, le premier plus marqué à Savatan, le second à Dailly. Il y a aussi plusieurs maxima secondaires séparant des minima plus ou

V. Températures extrêmes. SAVATAN, 1913.

Période	Minimum absolu	Date	Maximum absolu	Date	Nombre de jours: Minimum au-dessous de 0°	Nombre de jours: Maximum au-dessous de 0°
	°		°			
Déc. 1912....	− 5.2	le 7	+13.8	le 27	20	4
Janvier 1913..	− 3.6	le 10	8.6	le 31	23	1
Février	− 6.8	les 19 et 23	7.8	le 7	22	4
Mars	− 4.2	le 5	19.0	le 30	10	—
Avril	− 7.6	le 14	22.4	le 30	7	1
Mai	+ 0.6	le 5	25.2	le 29	—	—
Juin.........	5.2	le 26	27.0	le 10	—	—
Juillet	4.6	le 9	25.2	le 29	—	—
Août	8.2	le 10	25.0	les 28 et 29	—	—
Septembre ...	5.6	le 11	23.2	les 3 et 4	—	—
Octobre......	+ 3.2	le 15	21.2	le 28	—	—
Novembre....	− 0.2	le 25	18.2	le 10	1	—
Décembre. ...	− 7.4	le 31	10.8	le 28	21	6
Année mét...	− 7.6	le 14 avril	+27.0	le 10 juin	83	10
Année civile..		id.		id.	84	12

VI. Températures extrêmes. DAILLY, 1913.

Période	Minimum absolu	Date	Maximum absolu	Date	Nombre de jours: Minimum au-dessous de 0°	Nombre de jours: Maximum au-dessous de 0°
	°		°			
Déc. 1912....	− 5.6	le 4	+12.7	le 26	15	1
Janvier 1913..	− 4.5	le 14	7.8	le 1	22	2
Février	− 7.8	le 17	11.0	le 11	24	5
Mars	− 5.9	le 9	13.3	le 30	12	2
Avril.	−10.8	les 13 et 14	18.8	le 30	13	2
Mai	− 1.5	le 5	21.8	le 31	5	—
Juin.........	+ 2.9	le 26	20.6	le 16	—	—
Juillet.......	1.9	le 9	23.8	le 14	—	—
Août	6.5	le 10	23.8	le 28	—	—
Septembre ...	3.6	le 11	22.0	le 3	—	—
Octobre......	+ 2.1	le 14	18.6	le 26	—	—
Novembre. ...	− 1.9	le 27	12.6	le 2	7	—
Décembre. ...	−10.5	le 31	12.9	le 1	25	8
Année mét...	−10.8	les 13 et 14 avril	+23.8	les 14 juill. et 28 août	98	12
Année civile..		id.		id.	108	19

VII. Pression atmosphérique. SAVATAN (671m), 1913.

Période	Pression moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.
	mm	mm	mm	mm
Décembre 1912	708.60	− 0.01	− 0.56	+ 0.57
Janvier 1913	703.81	+ 0 03	− 0.21	+ 0.18
Février	707.02	+ 0.05	− 0.26	+ 0.21
Mars	705.63	+ 0.10	− 0.21	+ 0.11
Avril	700.53	+ 0.22	− 0.46	+ 0.24
Mai	702.93	+ 0.03	− 0.32	+ 0.29
Juin	707.41	+ 0.15	− 0.33	+ 0.18
Juillet	704.46	+ 0.09	− 0.24	+ 0.15
Août	705.25	+ 0.03	− 0.20	+ 0.17
Septembre	704.22	+ 0.14	− 0.31	+ 0.17
Octobre	704.18	+ 0.01	− 0.21	+ 0.20
Novembre	706.38	+ 0.02	− 0.18	+ 0.16
Décembre	706.08	+ 0.21	− 0.26	+ 0.05
Hiver	706.46	+ 0.02	− 0.34	+ 0.32
Printemps	703.05	+ 0.12	− 0.32	+ 0.20
Eté	705.69	+ 0.09	− 0.25	+ 0.16
Automne	704.92	+ 0.05	− 0.23	+ 0.18
Année météorologique	705.02	+ 0.07	− 0.29	+ 0.22
Année civile	704.81	+ 0.09	− 0.26	+ 0.17

VIII. Pression atmosphérique. DAILLY (1236m), 1913.

Période	Pression moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.
	mm	mm	mm	mm
Décembre 1912	661.17	− 0.30	+ 0.02	+ 0.28
Janvier 1913	656.83	+ 0.18	− 0.03	− 0.15
Février	659.30	+ 0.10	− 0.06	− 0.04
Mars	658.89	+ 0.12	− 0.11	− 0.01
Avril	654.14	+ 0.10	− 0.20	+ 0.10
Mai	657.27	+ 0.03	− 0.16	+ 0.13
Juin	662.06	+ 0.07	− 0.14	+ 0.07
Juillet	659.00	+ 0.05	− 0.06	+ 0.01
Août	660.16	− 0.02	− 0.07	+ 0.09
Septembre	658.62	+ 0.01	− 0.01	0.00
Octobre	658.94	− 0.16	− 0.18	+ 0.34
Novembre	659.93	− 0.07	− 0.10	+ 0.17
Décembre	658.80	+ 0.10	− 0.20	+ 0.10
Hiver	659.10	− 0.01	− 0.02	+ 0.03
Printemps	656.79	+ 0.09	− 0.16	+ 0.07
Eté	660.39	+ 0.03	− 0.09	+ 0.06
Automne	659.16	− 0.07	− 0.10	+ 0.17
Année météorologique	658.86	+ 0.01	− 0.09	+ 0.08
Année civile	658.66	+ 0.04	− 0.11	+ 0.07

IX. Pressions extrêmes. SAVATAN, 1913.

Période	Minimum	Maximum	Amplitude
	mm	mm	mm
Décembre 1912.......	696.9 le 1	716.7 le 15	19.8
Janvier 1913	694.1 le 21	712.8 le 5	18.7
Février..............	696.8 le 18	716.9 le 9	20.1
Mars................	696.1 le 18	717.4 le 10	21.3
Avril.......	691.5 le 5	707.1 le 2	15.6
Mai.................	692.4 le 5	711.2 le 27	18.8
Juin.................	701.5 le 1	712.4 le 29	10.9
Juillet..............	700.0 le 7	709.3 le 18	9.3
Août................	700.6 le 6	710.4 le 26	9.8
Septembre...........	693.7 le 14	709.7 le 22	16.0
Octobre	694.6 le 29	711.8 le 14	17.2
Novembre...........	694.0 le 13	714.6 le 27	20.6
Décembre	688.9 le 29	716.1 le 21	27.2
Année météorologique.	691.5 le 5 avril	717.4 le 10 mars	25.9
Année civile.........	688.9 le 29 déc.	id.	28 5

X. Pressions extrêmes. DAILLY, 1913.

Période	Minimum	Maximum	Amplitude
	mm	mm	mm
Décembre 1912.......	649.4 le 1	669.0 le 15	19.6
Janvier 1913.........	649.4 le 21	664.9 le 6	15.5
Février..............	649.9 le 17	668.6 le 10	18.7
Mars................	648.5 le 18	668.5 le 10	20.0
Avril	644.6 le 12	660.5 le 29	15.9
Mai.................	646.5 le 5	666.0 le 26	19.5
Juin	657.7 le 1	665.9 le 29	8.2
Juillet..............	654.3 le 7	662.9 le 13	8.6
Août................	656.4 le 9	665.2 le 26	8.8
Septembre...........	649.9 le 14	663.2 le 22	13.3
Octobre	650.9 le 29	665.7 le 14	14.8
Novembre...........	649.2 le 13	667.7 le 19	18.5
Décembre	641.7 le 29	668.0 le 21	26.3
Année météorologique.	644.6 le 12 avril	669.0 le 15 déc. 1912	24.4
Année civile.........	641 7 le 29 déc.	668.6 le 10 févr.	26.9

moins accusés. Le minimum principal est en avril aux deux stations, puis en décembre 1913 pour l'année civile.

D'une façon générale la pression a été supérieure à la moyenne de 10 ans pour les quatre saisons et pour l'année. Elle n'a été inférieure que durant cinq mois sur treize.

Les *tableaux IX* et *X* donnent, pour les deux stations, les valeurs extrêmes de la pression atmosphérique relevées sur les

tableaux conservés à l'observatoire de Genève. Le minimum absolu est en avril pour l'année météorologique. Il est à la fin de décembre 1913 pour l'année civile. Ils sont naturellement moins marqués que le minimum du 2 février 1912. Quant aux maxima absolus ils sont analogues à ceux de l'année précédente.

IV. *Humidité de l'air*

Les *tableaux XI* et *XII* fournissent, pour Savatan et pour Dailly et pour les treize mois, les saisons et l'année : d'abord les valeurs moyennes de la fraction de saturation aux heures des trois observations diurnes, puis la valeur de la *fraction de saturation moyenne,* enfin les minima et les maxima absolus. Lorsque le maximum correspond à la *saturation* complète, le nombre des cas de saturation est indiqué. Une dernière colonne fournit, par symétrie avec les tableaux analogues des résumés pour Genève et le Grand Saint-Bernard, la *fréquence relative de la saturation.*

La fraction de saturation à Savatan a une valeur très semblable à celle de 1912. A Dailly elle est encore sensiblement plus faible ; mais, ainsi que nous l'avons déjà indiqué à propos de l'hiver 1913, il se présente durant la saison froide — cela s'est reproduit pendant les mois d'automne — des périodes où l'hygromètre de Dailly indique des chiffres invraisemblablement bas, tandis qu'à d'autres moments les indications sont parfaitement normales et que le chiffre 100 % se présente parfois. Comme il nous a été impossible d'aller vérifier sur place ce qui en est, les chiffres de la fraction de saturation pour Dailly en 1913 ne sont pas à prendre en considération sérieuse.

A Savatan le mois le plus sec a été celui de mars et le plus humide celui de septembre. Les cas de grande sécheresse y sont rares, tandis qu'ils sont fréquents — trop fréquents probablement — à Dailly. Quant aux cas de saturation complète de l'air, il y en a à peu près le même nombre qu'en 1912 à Savatan.

XI. Fraction de saturation en %. SAVATAN (679m), 1913.

Période	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyen°	Minim. absolu	Maxim. absolu	Fréquence relative de la saturation
Déc. 1912..	74	69	74	72	22	100 21 fois	0.226
Janv. 1913.	72	68	79	73	26	100 18 »	0.193
Février....	67	60	64	64	27	100 5 »	0.060
Mars......	62	52	61	58	15	100 6 »	0.065
Avril	76	56	66	66	23	100 8 »	0.089
Mai.......	76	58	60	65	30	100 7 »	0.075
Juin	79	59	67	68	35	100 6 »	0.067
Juillet	81	63	65	70	35	100 14 »	0.151
Août	81	65	66	71	43	100 9 »	0.097
Septembre.	83	70	76	76	36	100 8 »	0.089
Octobre ...	73	68	67	69	26	100 9 »	0.097
Novembre .	77	68	75	73	30	100 11 »	0.122
Décembre .	71	65	72	69	32	100 12 »	0.129
Hiver.	71	66	73	70	22	100 44 fois	0.163
Printemps.	71	55	62	63	15	100 21 »	0.076
Eté.......	81	63	66	70	35	100 29 »	0.105
Automne..	78	69	72	73	26	100 28 »	0.103
Année mét.	75	63	68	69	15	100 122 fois	0.111
Année civ.	75	63	68	69	15	100 113 »	0.103

XII. Fraction de saturation en %. DAILLY (1253m), 1913.

Période	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyen°	Minim. absolu	Maxim. absolu	Fréquence relative de la saturation
Déc. 1912..	45	34	44	41	3	100 6 fois	0.065
Janv. 1913.	51	44	42	46	1	100 9 »	0.097
Février....	46	40	47	44	4	100 5 »	0.060
Mars......	46	36	45	42	2	100 10 »	0.108
Avril	66	45	53	55	5	100 13 »	0.144
Mai	57	43	48	49	11	100 10 »	0.108
Juin	59	48	56	54	15	100 10 »	0.111
Juillet	61	52	59	57	13	100 8	0.086
Août	56	43	49	49	15	100 4	0.043
Septembre.	65	45	56	55	13	100 3 »	0.033
Octobre ...	40	31	43	38	3	100 1 »	0.011
Novembre .	59	46	55	53	9	100 6 »	0.067
Décembre .	49	39	48	46	0	100 7 »	0.075
Hiver.	48	39	44	44	1	100 20 fois	0 074
Printemps.	56	41	48	49	2	100 33 »	0 120
Eté.......	59	48	54	54	13	100 22 »	0.080
Automne..	55	41	51	49	3	100 10 »	0.037
Année mét.	54	42	50	49	1	100 85 fois	0.078
Année civ.	55	43	50	49	0	100 86 »	0.079

XIII. Nébulosité, 1913.

Période	Lavey					Savatan					Dailly				
	Jours clairs	Jours peu nuageux	Jours très nuageux	Jours couverts	Nébulosité moyenne	Jours clairs	Jours peu nuageux	Jours très nuageux	Jours couverts	Nébulosité moyenne	Jours clairs	Jours peu nuageux	Jours très nuageux	Jours couverts	Nebulosité moyenne
Déc. 1912..	8	10	6	7	4.7	12	10	7	2	3.4	13	6	8	4	3.9
Janv. 1913..	6	5	6	14	6.4	5	3	12	11	6.2	6	6	5	14	6.0
Février	17	3	3	5	2.9	15	5	5	3	3.0	16	5	3	4	2.9
Mars	10	7	5	9	5.0	8	6	7	10	5.2	9	5	7	10	5.3
Avril	8	4	2	16	6.0	6	4	10	10	5.8	6	5	4	15	6.2
Mai........	7	9	10	5	4.7	8	5	11	7	5.0	8	6	6	11	5.7
Juin.......	8	6	5	11	5.2	8	7	1	14	5.3	5	5	5	15	6.2
Juillet	5	8	7	11	5.9	5	6	9	11	6.0	6	5	9	11	5.9
Août.......	9	7	8	7	4.6	8	9	5	9	5.0	11	3	10	7	4.8
Septembre..	9	8	6	7	4.8	7	6	11	6	5.1	8	9	7	6	4.7
Octobre	11	7	7	6	4.3	12	4	9	6	4.2	13	5	7	6	4.2
Novembre. .	3	5	8	14	6.8	4	8	5	13	6.2	2	6	6	16	6.8
Décembre . .	9	8	6	8	4.8	9	7	5	10	5.0	11	6	6	8	4.7
Hiver......	31	18	15	26	4.7	32	18	24	16	4.3	35	17	16	22	4.3
Printemps .	25	20	17	30	5.2	22	15	28	27	5.3	23	16	17	36	5.7
Eté........	22	21	20	29	5.2	21	22	15	34	5.4	22	13	24	33	5.7
Automne...	23	20	21	27	5.3	23	18	25	25	5.1	23	20	20	28	5.2
Année mét..	101	79	73	112	5.1	98	73	92	102	5.0	103	66	77	119	5.2
Année civ. .	102	77	73	113	5.1	95	70	90	110	5.2	101	66	75	123	5.3

V. *Nébulosité*

Dans le *tableau XIII,* la *nébulosité,* aux trois stations où elle est observée, est indiquée de deux manières différentes : 1° par les nombres de jours *clairs, peu nuageux, très nuageux* et *couverts,* ces désignations correspondant aux valeurs moyennes de la nébulosité diurne comprises entre les limites : 0,0 et 2,5, 2,5 et 5,0, 5,0 et 7,5, 7,5 et 10,0 ; 2° par la valeur moyenne de la nébulosité de chaque période, ces valeurs moyennes étant d'ailleurs déduites des valeurs de la nébulosité des différents jours, fournies dans les tableaux mensuels.

La nébulosité est normale cette année à Lavey-village ; elle est un peu trop forte à Savatan et à Dailly, surtout à Dailly, où seuls les mois de décembre 1912, février et octobre 1913 présentent des écarts négatifs au tableau XX.

Aux trois stations, la saison la plus claire a été l'hiver et le mois le plus clair février. Le mois le plus nébuleux a été novembre, au point de vue absolu. Au point de vue relatif, janvier et juillet l'ont été à un degré analogue (voir tableau XX).

Le *tableau XIV* donne la statistique des *jours de brouillard* aux quatre stations. Les nombres qui y figurent comprennent les jours où le brouillard a été noté pendant une partie de la

XIV. Nombre de jours de brouillard en 1913.

Période	Lavey	Savatan	Dailly	Aiguille
Décembre 1912	4	3	0	0
Janvier 1913	0	3	0	1
Février	0	1	1	1
Mars	0	0	1	1
Avril	0	0	2	5
Mai	0	1	3	3
Juin	1	0	1	5
Juillet	0	0	3	3
Août	0	2	1	1
Septembre	2	0	5	3
Octobre	0	0	2	3
Novembre	0	0	1	2
Décembre	0	0	2	8
Année météorologique...	7	10	20	28
Année civile	3	7	22	36

journée ou pendant tout le jour. Ce dernier cas n'a d'ailleurs pas été observé cette année.

Si l'on compare les quatre stations entre elles, on trouve que le nombre de jours de brouillard est faible à Lavey au fond de la vallée et augmente avec la hauteur. Le maximum se constate naturellement à l'Aiguille et, cette année, il y a de nouveau peu de cas de brouillard, sensiblement moins que durant l'année 1912 qui a été très pluvieuse.

VI. *Pluie et neige*

Le *tableau XV* contient le relevé de tout ce qui concerne les précipitations atmosphériques dans leur ensemble, hauteur d'eau tombée et nombre des jours de précipitations, d'après les chiffres des tableaux mensuels.

Après l'année plutôt sèche 1911 et l'année pluvieuse 1912, 1913 est à peu près normale d'après la moyenne de dix ans.

XV. Précipitations atmosphériques dans l'année 1913.

Période	Hauteur d'eau tombée en mm.				Nombre de jours de précipitations			
	Lavey mm	Savatan mm	Dailly mm	Aiguille mm	Lavey (430m)	Savatan (671m)	Dailly (1250m)	Aiguille (1446m)
Déc. 1912 ...	37.1	42.3	38.6	38.3	8	9	10	10
Janv. 1913 ..	57.9	51.1	44.1	55.4	13	13	14	14
Février	43.3	31.4	25.3	33.0	5	5	5	5
Mars	107.4	105.6	128.9	115.7	9	9	12	12
Avril	46.3	56.0	67.2	68.6	8	8	15	15
Mai.........	67.4	72.0	63.9	61.5	15	14	15	15
Juin	113.0	120.8	135.7	121.7	15	15	16	16
Juillet	135.4	132.0	142.4	141.1	19	17	22	22
Août........	97.7	105.2	109.7	109.5	13	13	14	14
Septembre...	99.9	90.2	96.6	90.0	15	15	16	16
Octobre	32.2	34.5	41.4	36.1	8	8	7	7
Novembre...	131.2	131.0	123.1	132.1	16	15	18	18
Décembre ...	56.8	60.2	73.0	75.2	11	10	12	12
Hiver.	138.3	124.8	108.0	126.7	26	27	29	29
Printemps ..	221.1	233.6	260.0	245.8	32	31	42	42
Eté.... ...	346.1	358.0	387.8	372.3	47	45	52	52
Automne....	263.3	255.7	261.1	258.2	39	38	41	41
Année mét. .	968.8	972.1	1016.9	1003.0	144	141	164	164
Année civile.	988.5	990.0	1051.3	1039.9	147	142	166	166

Contrairement à ce que nous constations l'année dernière, il y eu un peu plus d eau tombée à Dailly qu'à l'Aiguille, mais l'excédent de cette dernière station est cependant très fort (tableau XX), parce que la moyenne de dix ans pour l'Aiguille est incontestablement trop faible, comme nous l'avons reconnu déjà plusieurs fois. Quant à l'augmentation de la quantité de pluie avec la hauteur elle se manifeste si l'on groupe les quatre stations deux par deux, mais la différence n'est pas considérable.

Les mois les plus secs sont ceux de décembre 1912, février et octobre 1913 ; ce dernier l'est surtout au point de vue relatif. Les mois les plus pluvieux sont mars, juin, juillet et novembre ; ce dernier au point de vue relatif.

Pour le *nombre des jours de pluie,* nous trouvons aussi une augmentation à mesure que l'on monte. Si l'on néglige, pour les quatre stations de Saint-Maurice, comme pour Genève et le Grand Saint-Bernard, les jours où il est tombé moins d'un millimètre d'eau, on trouve, pour les jours de pluie bien caractérisée, les chiffres suivants qui sont, en somme, assez concordants pour toutes les stations et qui sont assez semblables à ceux de 1912.

Station	Genève	Lavey	Savatan	Dailly	Aiguille	St-Bernard
Altitude	(406m)	(430m)	(671m)	(1250m)	(1446m)	(2476m)
Année météorol.	117	124	124	123	133	147
Année civile	119	126	126	130	136	146

Le *tableau XVI* donne les totaux des hauteurs de neige mesurées aux quatre stations, ainsi que les nombres de jours de neige. Comme il est naturel, la quantité de neige croît régulièrement avec la hauteur, mais il y en a eu moins encore qu'en 1911-1912. En 1913 la neige a fait sa dernière apparition en mars à Lavey, en avril à Savatan et en mai aux deux stations supérieures. Elle n'a reparu qu'en novembre aux deux stations supérieures et en décembre à Lavey et à Savatan.

Enfin si l'on fait le relevé du temps pendant lequel la neige a séjourné sur le sol, on trouve les chiffres contenus dans le *tableau XVII.* L'hiver 1912-1913 n'a pas été froid de même

XVI. Neige dans l'année 1913.

Période	Hauteur de neige en centimètres				Nombre de jours de neige			
	Lavey cm.	Savatan cm.	Dailly cm.	Aiguille cm.	Lavey	Savatan	Dailly	Aiguille
Décembre 1912	2	5	9	18	1	2	5	7
Janvier 1913	2	8	44	71	1	5	8	12
Février	—	5	25	43	—	1	5	5
Mars	9	43	57	87	2	3	6	6
Avril	—	2	27	40	—	1	6	8
Mai	—	—	10	18	—	—	3	5
....	....	....	....	....	....	....	....	....
Novembre	—	—	35	67	—	—	6	9
Décembre	4	17	79	102	3	5	10	10
Hiver	4	18	78	132	2	8	18	24
Printemps	9	45	94	145	2	4	15	19
Eté	—	—	—	—	—	—	—	—
Automne	—	—	35	67	—	—	6	9
Année mét.	13	63	207	344	4	12	39	52
Année civile	15	75	277	428	6	15	44	55

XVII. Nombre de jours où la neige a persisté sur le sol en 1913.

Période	Lavey	Savatan	Dailly	Aiguille
Décembre 1912	—	2	17	21
Janvier 1913	2	2	16	18
Février	—	1	7	8
Mars	3	4	9	11
Avril	—	1	9	12
Mai	—	—	3	7
....	....	....	....	....
Novembre	—	—	8	11
Décembre	6	4	15	23
Année météorologique ..	5	10	69	88
Année civile	11	12	67	90

que le précédent, et la neige n'a pas non plus persisté un mois de suite sur le sol aux forts de Saint-Maurice.

Le nombre des *jours d'orage* observés aux forts est donné dans le petit *tableau XVIII;* il comprend tous ceux qui ont

été notés à l'une ou à l'autre des quatre stations. Il y en a de nouveau peu, l'été n'ayant pas été chaud.

XVIII. Jours d'orage en 1913.

Mai	4
Juin	3
Juillet	1
Août	2
Septembre	1
..	
Novembre	1
Année (météorologique et civile)	12

Les observations du *fœhn* ont continué en 1913 aux quatre stations. Les indications des observateurs correspondent à des coups de vent violents venant du sud et accompagnés d'une hausse de la température et d'une diminution de la valeur de la fraction de saturation. Nous les avons classés par mois et par stations, et les chiffres sont donnés au *tableau XIX.*

Les nombres de ce tableau sont un peu supérieurs à ceux des deux années antérieures et se rapprochent de ceux constatés auparavant. Le maximum de fréquence est, cette année, en automne.

XIX. Nombre de jours de fœhn en 1913.

Période	Lavey	Savatan	Dailly	Aiguille
Décembre 1912	—	—	—	—
Janvier 1913	1	1	1	1
Février	—	—	—	—
Mars	3	3	3	3
Avril	—	—	—	—
Mai	2	2	2	2
Juin	—	—	—	—
Juillet	—	—	—	—
Août	—	—	—	—
Septembre	1	1	1	1
Octobre	6	6	6	6
Novembre	4	4	4	4
Décembre	1	1	1	1
Année météorologique	17	17	17	17
» civile	18	18	18	18

XX. Ecarts de 1913 par rapport aux moyennes de 10 ans (1898-1907).

Période	Température		Pression atmosphérique		Nébulosité			Précipitations: Hauteur d'eau tombée				Précipitations: Nombre de jours			
	Savatan	Dailly	Savatan	Dailly	Lavey	Savatan	Dailly	Lavey	Savatan	Dailly	Aiguille	Lavey	Savatan	Dailly	Aiguille
	°	°	mm	mm				mm	mm	mm	mm				
Décembre 1912..	+ 1.76	+ 3.02	+ 4.52	+ 4.54	− 0.1	− 1.6	− 0.6	− 21.6	− 16.1	− 25.2	− 16.7	− 2	0	− 1	− 1
Janvier 1913....	+ 2.35	+ 1.96	− 3.12	− 2.36	+ 1.4	+ 1.6	+ 1.7	− 3.4	− 8.5	− 20.6	+ 0.1	+ 4	+ 3	+ 2	+ 2
Février	+ 0.90	+ 1.12	+ 4.85	+ 4.66	− 2.3	− 2.0	− 2.1	− 22.5	− 34.6	− 41.2	− 17.8	− 5	− 6	− 7	− 7
Mars	+ 3.18	+ 3.56	+ 3.80	+ 4.06	− 0.4	0.0	+ 0.2	+ 32.6	+ 35.7	+ 50.7	+ 52.0	− 3	− 3	− 2	− 1
Avril	− 0.16	− 0.08	− 1.10	− 1.15	− 0.1	+ 0.1	+ 0.3	− 49.0	− 38.1	− 44.3	− 15.8	− 7	− 7	− 2	− 2
Mai	+ 0.48	+ 0.50	+ 0.26	+ 0.40	− 0.7	− 0.3	+ 0.2	− 7.0	− 3.8	− 21.1	− 10.7	0	0	− 1	0
Juin	− 0.70	− 0.32	+ 3.57	+ 3.14	+ 0.1	+ 0.2	+ 1.2	+ 28.8	+ 35.6	+ 38.0	+ 34.1	+ 2	+ 2	+ 1	+ 1
Juillet	− 3.60	− 3.52	− 1.00	− 1.41	+ 1.6	+ 1.9	+ 1.8	+ 41.5	+ 35.7	+ 33.7	+ 42.5	+ 6	+ 4	+ 7	+ 8
Août	− 1.35	− 1.35	− 0.56	− 0.53	+ 0.5	+ 1.3	+ 1.1	− 14.7	− 9.3	− 15.1	− 5.4	0	+ 1	+ 1	+ 1
Septembre......	− 1.40	− 0.68	− 1.27	− 1.30	0.0	+ 0.7	+ 0.1	+ 31.7	+ 19.9	+ 11.7	+ 11.1	+ 4	+ 4	+ 4	+ 1
Octobre	+ 2.04	+ 2.55	+ 0.38	+ 1.46	− 1.2	− 1.2	− 1.0	− 48.5	− 48.7	− 50.1	− 41.8	− 4	− 5	− 8	− 8
Novembre.. ..	+ 2.96	+ 1.91	+ 2.71	+ 3.19	+ 1.3	+ 0.8	+ 2.0	+ 79.1	+ 78.6	+ 67.6	+ 91.7	+ 5	+ 5	+ 7	+ 8
Décembre	+ 1.06	+ 0.84	+ 2.00	+ 2.17	− 0.3	0.0	+ 0.2	− 1.9	+ 1.8	+ 9.2	+ 20.2	+ 1	+ 1	+ 1	+ 1
Hiver..	+ 1.69	+ 2.07	+ 2.00	+ 2.21	—	—	—	− 47.5	− 59.2	− 87.0	− 34.4	− 3	− 3	− 6	− 6
Printemps... .	+ 1.17	+ 1.35	+ 1.00	+ 1.13	—	—	—	− 23.4	− 6.2	− 14.7	+ 25.5	−10	−10	− 5	− 3
Eté	− 1.90	− 1.71	+ 0.63	+ 0.37	—	—	—	+ 55.6	+ 62.0	+ 56.6	+ 71.2	+ 8	+ 7	+ 9	+10
Automne	+ 1.21	+ 1.27	+ 0.61	+ 1.12	—	—	—	+ 62.3	+ 49.8	+ 29.2	+ 61.0	+ 5	+ 4	+ 3	+ 4
Année météorol.	+ 0.53	+ 0.73	+ 1.05	+ 1.21	0.0	+ 0.1	+ 0.4	+ 47.0	+ 46.4	− 15.9	+ 123.3	0	− 2	+ 1	+ 5
Année civile....	+ 0.47	+ 0.53	+ 0.88	+ 1.03	0.0	+ 0.3	+ 0.5	+ 60.0	+ 57.1	+ 7.8	+ 151.2	+ 2	− 2	+ 2	+ 7

VII. *Écarts*

Le *tableau XX* contient le relevé des écarts entre les chiffres des tableaux I, II, VII, VIII, XIII et XV et ceux des tableaux I, III, V, VI et VII des « moyennes de dix ans pour les éléments météorologiques observés aux fortifications de Saint-Maurice [1] ». Ces écarts ont été déterminés pour la température et la pression atmosphérique à Savatan et à Dailly, pour la nébulosité aux trois stations inférieures et pour les précipitations atmosphériques aux quatre stations.

Ce tableau donne donc, en chiffres et plus en détail, quelques-unes des indications qui sont fournies dans le texte des paragraphes précédents. Nous rappelons que les moyennes auxquelles nous avons rapporté les observations de 1913, comme celle de 1908 à 1912, ne sont que des moyennes de *dix années,* les écarts que nous donnons n'ont donc qu'une valeur relative et sont loin d'avoir une signification absolue.

[1] *Archives,* t. XXVIII, p. 274, septembre 1909.

COMPTE RENDU DES SÉANCES

DE LA

SOCIÉTÉ VAUDOISE DES SCIENCES NATURELLES

Assemblée générale du 20 juin 1914.

Ch. Linder. Armand Gressly (1814-1865). — E. Chuard et R. Mellet. Sur la production de la nicotine par la plante de tabac. — Ed. Dizerens. Les améliorations foncières dans la vallée de la Broye. — Paul Cruchet. Album de coléoptères et de lépidoptères de F. Tavel. — Le même. Les Urédinées. — Le même. Notes biographiques sur D. Rapin. — P. Jomini. Photographies d'étincelles électriques.

La série des communications scientifiques commence, ainsi le veut la coutume, par un exposé présidentiel, M. Ch. Linder a choisi comme sujet la biographie du grand géologue suisse : *Armand Gressly* (1814-1865). — (Ce discours paraîtra in extenso dans le Bulletin n° 183.)

MM. E. Chuard et R. Mellet. — *Sur la production de la nicotine par la plante de tabac.*

Les auteurs ont continué et terminé l'étude systématique qu'ils avaient commencée en 1911 sur la variation de nicotine dans les divers organes et aux différents stades de développement de la plante de tabac.

Pour confirmer et compléter les premiers résultats acquis et pour résoudre les nouveaux problèmes que la première étude avait fait surgir, les auteurs ont entrepris en 1913 une nouvelle culture à Mont-Calme, dans un terrain de l'Etablissement fédéral d'essais de semences, obligeamment mis à leur disposition par M. Martinet, directeur.

Les dosages de nicotine ont été effectués comme précédemment par M. le prof. Mellet, en soumettant à l'analyse les différents organes de la plante à l'état frais, de façon à déterminer la quantité réelle de nicotine existant dans la matière vivante.

Sans entrer dans le détail de ces recherches (mode de culture, énumération des différents essais et des résultats numériques obtenus), détails qui figureront dans une publication spéciale, les auteurs se bornent à énoncer les principales conclusions auxquelles ils sont arrivés.

1° *Au point de vue scientifique.* — 1. La proportion de nicotine dans les feuilles des plantes ayant été normalement écimées et ébourgeonnées, minime au début, va en croissant d'une façon continue jusqu'à la récolte, tandis que dans les feuilles des plantes écimées, mais non ébourgeonnées, la production de nicotine se ralentit après l'écimage.

2. La proportion de nicotine dans les tiges et dans les racines est de beaucoup inférieure à celles des feuilles (soit, à la maturité de ces dernières, environ cinq à dix fois pour les tiges et quatre à huit fois pour les racines). La proportion de nicotine dans ces organes va en croissant jusqu'au début de l'ébourgeonnage, et diminue sensiblement à partir de ce moment.

3. Les bourgeons axillaires contiennent dès le début de leur formation une proportion très sensible d'alcaloïde. Cette proportion augmente fort peu lorsqu'on laisse grandir ces repousses, tandis qu'il en résulte un ralentissement dans la production de nicotine des grandes feuilles.

4. La nicotine se forme donc essentiellement dans les organes nouveau et surtout dans les jeunes feuilles. L'écimage a pour effet d'activer la production de nicotine dans toute la plante. L'enlèvement des bourgeons axillaires, tout en continuant cette action, provoque une migration de l'alcaloïde exclusivement dans les feuilles les plus âgées.

5. La nicotine ne semble pas se former aux dépens des nitrates, ainsi que l'a supposé A. Mayer, l'application d'engrais nitratés n'ayant pas augmenté directement et uniformément la proportion de cet alcaloïde, mais ayant simplement contribué indirectement à en augmenter la production en activant la croissance des divers organes de la plante et surtout des feuilles.

2° *Au point de vue pratique.* — 1. Tous les déchets de la culture (sommités, bourgeons axillaires, troncs et racines) sont avantageusement utilisables pour l'extraction industrielle de la nicotine.

2. Tous ces sous-produits doivent être traités immédiatement par la chaux, la dessiccation provoquant toujours, et souvent très rapidement, une perte sensible de nicotine, qui peut atteindre parfois le 30 %.

3. Contrairement à ce qui semblait résulter de la première étude, forcément incomplète, de 1911-1912, il faut se garder de laisser grandir les bourgeons axillaires en tiges secondaires.

L'augmentation de nicotine réalisée par ces repousses grandies est loin de compenser la diminution d'alcaloïde produite dans les grandes feuilles et porte sérieusement préjudice à la qualité et au rendement du produit principal (tabac manufacturé).

4. Il y a avantage incontestable à ne pas arracher les plantes après la récolte des grandes feuilles, mais à laisser en terre aussi longtemps que possible les troncs munis de tous les petits bourgeons récemment formés. Ces derniers se développent, s'enrichissent en nicotine, et de nouvelles repousses prennent naissance, tandis que la proportion d'alcaloïde dans les troncs et les racines ne diminue que fort peu.

5. Enfin il y a également avantage à activer la croissance de ces repousses tardives, et à réaliser par conséquent indirectement une surproduction de nicotine, par application d'engrais nitratés immédiatement après la récolte des grandes feuilles.

M. Ed. Dizerens. — *Les améliorations foncières dans la vallée de la Broye.*

L'histoire de l'amélioration du sol dans la vallée de la Broye se rattache à celles des grandes entreprises nationales d'utilité publique et particulièrement à la correction des eaux du Jura suisse et l'assainissement des plaines qui en dépendent. La réalisation du programme des travaux exécutés au cours de la seconde moitié du siècle dernier poursuivait un triple but, à savoir : la suppression des inondations, l'abaissement du niveau des lacs et l'assainissement des plaines. Cette troisième catégorie d'opérations a pour but essentiel d'utiliser les avantages procurés par les deux premières et procurer un revenu qui justifie les dépenses élevées consacrées auparavant.

Au milieu du siècle dernier, la situation occupée par la Broye empêchait toute utilisation avantageuse des terrains de la plaine. Les dépôts d'alluvions avaient exhaussé le lit de manière à augmenter l'étendue et la fréquence des inondations. La tâche imposée aux personnes chargées d'étudier les remèdes qui devaient être apportés à la situation était la suivante :

Préserver la plaine contre le danger des inondations, dessécher et assainir les terrains envahis par les eaux et dépourvus d'écoulement ; procurer en tout temps aux terres cultivées le degré d'humidité le plus convenable au développement des végétaux utiles.

La correction de la Broye moyenne et aventicienne, exécutée à partir de 1851, en deux périodes, a réalisé la première condition, c'est-à-dire la sécurité. L'établissement d'un nouveau lit, de Payerne à Salavaux, à travers des couches d'alluvions et de terreaux tourbeux ont pour conséquence un affouillement du plafond

de la rivière qui s'est propagé d'aval en amont. C'est au travail naturel de l'eau qu'est dû la grande profondeur du lit de la rivière en aval de Payerne et le caractère de canal d'assainissement.

Des travaux de drainage ont été exécutés à Corcelles et à Avenches par une société d'amélioration foncière en 1858-61. En ajoutant l'entreprise d'assainissement de la plaine d'Avenches, exécutée en 1912, on constate que la partie de la vallée située en aval de Payerne, sur la rive droite de la Broye, est assainie, tandis que sur la rive gauche le drainage des terrains marécageux est à l'étude pour suivre à la correction de la rivière la Glâne, actuellement en cours d'exécution. Si l'on ajoute l'établissement d'un réseau de chemins, le remaniement parcellaire et le renouvellement du registre foncier, on peut se faire une idée de l'importance des opérations nécessaires pour augmenter la surface cultivable de notre pays.

L'entreprise d'assainissement et de remaniement parcellaire, exécutée à Trey en 1911-12 sur une surface de 135 hectares avait pour but d'assainir au moyen du drainage une étendue de 110 hectares de terrain marécageux, puis de construire un réseau de chemins approprié à la topographie du terrain et aux exigences de l'exploitation agricole, enfin le remaniement parcellaire combiné avec le renouvellement du registre foncier du territoire cantonal.

L'assainissement offre une particularité sous le rapport des conditions d'écoulement dans la Broye, seul émissaire à disposition sur tout le parcours de Moudon à Payerne. Pendant les crues, le niveau de l'eau est plus élevé que la surface du terrain adjacent. Les aqueducs placés sous la digue débouchent au niveau des basses eaux ; ils sont munis à leur extrémité aval de couvercles en fonte suspendus à des charnières. Lorsque le niveau de l'eau monte dans la Broye, ces couvercles se ferment automatiquement. Il en résulte un reflux momentané dans les canalisations en ciment pour eau de drainage et de surface. L'écoulement dans la rivière se régularise à la façon de la hauteur de l'eau dans deux vases communiquants. La mise en valeur des terrains assainis a été opérée de manière que l'année qui suivit l'exécution des travaux, de belles récoltes de céréales et pommes de terre avaient remplacé la végétation aquatique.

Ce résultat est la juste rénumération d'une longue suite d'efforts collectifs qui ont pour but final de porter la production du sol cultivable à son maximum d'intensité.

M. Paul Cruchet présente deux albums, propriété de Mme Husson-Tavel, à Payerne. Ils renferment une *collection de coléoptères*

et de lépidoptères peints d'une façon remarquable, vers 1856, par l'un des frères de Mme Husson, M. Frédéric Tavel. Un autre frère s'occupait des déterminaisons, et la collection (insectes et oiseaux) de ces deux agriculteurs payernois se trouve au Musée de la ville. Les deux albums sont vivement admirés par les assistants.

M. P. Cruchet parle ensuite rapidement des *Urédinées* et donne un aperçu des connaissances actuelles sur la reproduction et sur la notion de l'espèce chez ces parasites. Il cite les hypothèses concernant l'origine des espèces biologiques et présente deux photographies microscopiques *(Puccinia Meimamillata* O. Semad et *Pucc. Imperatoria mamillata* P. Cruchet) montrant la difficulté que l'on a de distinguer les espèces biologiques des espèces morphologiques.

M. P. Cruchet rappelle la *mémoire de D. Rapin,* l'auteur du « Guide du botaniste dans le canton de Vaud », et lit une lettre où son fils, M. le Dr Eugène Rapin, à Genève, donne très aimablement quelques notes biographiques. Une excellente photographie accompagnait cette lettre, et chacun peut admirer la noble figure de ce vieillard. D. Rapin, né à Payerne en 1799 et mort en 1882 à Genève, n'a passé dans sa ville natale que sa jeunesse, et plus tard six années comme pharmacien de 1832 à 1838.

M. P. Jomini fait circuler de magnifiques *photographies d'étincelles électriques,* ainsi que des clichés autochromes et des stéréographies.

Séance du 1er juillet

P.-L. Mercanton. Cubitus droit d'*Elephas primigenius.* — W. Morton. Présentation des couleuvres d'Europe vivantes. — H. Faes. Sur la maladie des abricotiers. — J. Perriraz. Sur la détermination des sexes.

M. P.-L. Mercanton présente un *cubitus droit d'Elephas primigenius,* trouvé dans la gravière de « Sur-la-Ville » à Genollier, par M. Auguste Golay, en décembre 1913. M. Mercanton remet cet ossement au Musée géologique.

M. W. Morton. — *Présentation des couleuvres d'Europe vivantes.*

Après quelques données générales sur la famille des *Colubridæ,* leur reproduction, leurs mœurs et leur distribution géographique, M. Morton présente la série, presque complète, des couleuvres européennes à l'état vivant :

Aglyphes

Tropidonotus natrix	Europe.
» » *v. persa*	» mérid. et orient.
» *viperinus*	» centr. Sud et mérid.
» » *v. chersoides*	» méridionale.
» *tesselatus*	» centrale et orientale.
Zamenis viridiflavus	» centrale Sud, méridionale et orient.
» *dahlii*	Dalmatie, Grèce.
» *hippocrepis*	Midi et côte Africaine.
Coluber longissimus	Des Pyrénées en Grèce, introduite dans l'Europe cent.
» *leopardinus*	Dalmatie, Grèce.
» *4 radiatus*	Italie, Sicile, Dalmatie, Grèce.
» *scalaris*	Espagne et Sud France.
Coronella lævis ou *austriaca*	Europe centrale et orientale jusqu'à 2000 m.
» » *v. girundica*	Europe mérid. et occident.

Opistoglyphes

Tarbophis vivax	Dalmatie à l'Asie mineure.
Cœlopeltis lacertina	Espagne, Sud France, Dalmatie et côte Africaine.

M. le Dr H. Faes, fait une communication *sur la maladie des abricotiers,* observée à Saxon en avril 1914, maladie causée par un champignon, le *Monilia laxa.*

Les arbres sont atteints à la floraison et dans la période qui la suit immédiatement. Les sommités fleuries se dessèchent, ainsi que les feuilles voisines, les jeunes rameaux meurent, présentant à la suite de l'attaque une gommose abondante dans leurs tissus.

Caractéristique est le fait que les fleurs et feuilles, surprises en plein développement, restent encore fixées longtemps à l'arbre quoique desséchées.

Le *Monilia laxa* a, dans la dernière période, attaqué trois fois sérieusement les abricotiers de Saxon, d'abord au printemps de 1904, à la suite de l'année 1903 dont certains mois furent très humides et pluvieux, puis au printemps 1913, à la suite de l'année

1912 également fort humide, enfin de nouveau au printemps 1914, suivant l'année 1913 également trop humide. Il apparaît donc qu'à la suite d'une année pluvieuse, les abricotiers sont plus facilement infectés au printemps par le *Monilia*.

Considérant les dégâts causés par ce cryptogame, on observe que les fleurs présentent au parasite une porte d'entrée naturelle et sont contaminées directement par les spores du champignon. C'est, en effet, à la floraison que le mal commence à se remarquer ; ce sont les pousses fleuries qui sont atteintes et se dessèchent, puis après la floraison la maladie s'arrête, de sorte qu'au milieu de l'été on ne reconnaît plus les arbres attaqués au printemps de ceux qui sont restés sains. Une autre constatation venant appuyer cette déclaration est la suivante : les arbres ayant peu de fleurs sont beaucoup moins atteints que les arbres richement fleuris. Les spores du champignon peuvent probablement trouver d'autres portes d'entrée, mais il n'est pas douteux qu'elles utilisent surtout le stigmate des fleurs, comme c'est le cas, par exemple, pour le *Sclerotinia cydoniæ* sur cognassier.

Il est à prévoir que les arbres plus riches en sève, dont le milieu est plus « aqueux », offriront un développement meilleur au champignon. De fait, les abricotiers sur prés et gazons, donc moins vigoureux, ne sont pas attaqués de façon aussi intense que dans les vignes, où la fumure spéciale joue probablement, à cet égard, un rôle défavorable.

A Saxon, les arbres situés en plaine, moins vigoureux et donnant plutôt de faibles pousses, sont également peu atteints au printemps. On observe de même une résistance bien meilleure de l'abricotier sur les pentes à l'ouest du village, où la terre « ciment » n'est pas favorable à une végétation exubérante. Au contraire, sur les pentes sises à l'orient du village, la maladie a fait de grands dégâts, mais ici les terrains plus riches permettent le développement de fortes pousses, d'abondants rejets.

Le mildiou se comporte au reste de façon analogue, attaquant plus fortement les jeunes vignes, bien fumées, riches en sève, que les vieilles. Chacun sait, d'ailleurs, que le milieu, plus ou moins favorable, influence de façon extrêmement sensible le développement des champignons, qui prospèrent souvent en proportion directe de la teneur en eau des tissus.

Comme on peut bien le comprendre, une affection semblable est difficile à combattre, les conditions climatériques défavorables, qui seules permettent un développement abondant du parasite, ne pouvant être modifiées.

Il y aurait lieu de faire des essais dans deux directions différentes :

1° Tenter, d'une part, de modifier quelque peu la nature de la

sève, en appliquant sur certains parchets des fumures chimiques, les unes riches en phosphates, les autres riches en potasse ;

2° Puis surtout obtenir un meilleur « aoûtement » du bois, en s'occupant, après la récolte des abricots, de la maturité du bois. Toutes les parties superflues devraient être supprimées, un élagage consciencieux devrait être appliqué, enfin et surtout un pincement sérieux devrait être effectué fin juillet ou commencement d'août.

M. J. Perriraz. — *Sur la détermination des sexes.*

Nous savons que les Japonais se servent, suivant une légende nationale, de la disposition des cheveux recouvrant la nuque d'un enfant, pour prédire le sexe de l'enfant suivant. M. Mawe, dans le *Journal of Anatomy and Physiology,* t. XLV, p. 420-425, donne les résultats qu'il a obtenus en Angleterre par cet examen.

On observe deux types principaux d'implantation des cheveux sur la nuque. La première est indiquée par des lignes divergentes, la seconde par des convergentes ; dans le premier cas, l'enfant suivant serait un garçon ; et une fille pour le second.

D'après 618 observations faites à Vevey, nous avons obtenu les résultats suivants : 79 cas sont anormaux ou douteux, ce qui correspond au 13 $^0/_0$ environ. Les 539 observations qui restent se répartissent comme suit : 294 cas sont convergents et 245 divergents. Sur les 294 sujets, la prédiction a été juste pour 238, soit pour le 77 $^0/_0$, tandis que sur les 245 autres, 212 ont annoncé un garçon, soit dans le 86 $^0/_0$ des cas. Il serait intéressant de faire les mêmes recherches dans d'autres endroits de manière à infirmer ou confirmer ces résultats.

Les cheveux divergents peuvent se présenter sous trois types principaux :

a) La divergence s'accuse dès la ligne médiane de l'occipital ;

b) La divergence est semblable à la précédente, mais les deux parties externes se recourbent en une ligne convergente ;

c) Sur la ligne médiane se trouve une disposition en colonne, partagée en deux et dont chaque partie diverge ; de plus, de chaque côté du cou se trouvent deux colonnes nettement divergentes.

Les cheveux convergents sont de deux types :

a) Convergence en une colonne centrale se terminant en pointe ;

b) Convergence générale de tous les cheveux de la région occipitale.

BULLETIN SCIENTIFIQUE

CHIMIE

ARTHUR HARDEN. LA FERMENTATION ALCOOLIQUE, *questions biologiques actuelles,* un vol. gr. 8° de 164 p. A. Hermann et fils, Paris, 1914.

Nous sommes heureux de signaler à nos lecteurs l'apparition d'une nouvelle et très intéressante collection de monographies, publiées sous la direction de M. A. Dastre par la librairie scientifique de A. Hermann et fils, sous le titre général *Questions biologiques actuelles.* Les premiers volumes de cette collection dus à la plume des auteurs les plus compétents portent comme titres : *Le goût et l'odorat,* par Larguier des Bancels ; *Les parathyroïdes,* par Louis Morel ; *La sécrétion pancréatique,* par E. Terroine ; *Le thymus,* par L. Morel et la *Fermentation alcoolique,* par A. Harden. C'est sur ce dernier que nous voulons pour aujourd'hui attirer plus particulièrement l'attention.

Le livre de M. Harden débute par une introduction historique ; il passe rapidement en revue les travaux parus au sujet de la question qu'il traite, ceux de Pasteur, de Traube et de Buchner en particulier.

Ce dernier fit la découverte de la zymase, ferment qui peut, en l'absence de cellules vivantes, provoquer la fermentation ; il arriva à extraire de la levure, par compression et broyage, un suc défini ; ce suc de levure produit toutefois une fermentation moins rapide que la levure elle-même, mais tandis que les antiseptiques tuent les cellules vivantes, ils n'entravent que légèrement l'activité du suc de levure. Il se produit toujours dans la fermentation, pour une molécule d'alcool, une molécule d'acide carbonique.

La fermentation alcoolique exige la présence de phosphates solubles ; il doit se produire une réaction entre eux et le sucre, qu'on peut supposer s'effectuer ainsi :

$$2C_6H_{12}O_6 + 2PO_4HR_2 = 2CO_2 + 2C_2H_5OH + 2H_2O + C_6H_{10}O_4(PO_4R_2)_2 .$$

L'hexosephosphate est hydrolysé par un ferment spécifique : l'hexosephosphatase :

$$C_6H_{10}O_4(PO_4R_2)_2 + 2H_2O = C_6H_{12}O_6 + 2PO_4HR_2 .$$

D'une manière générale, l'addition de phosphates fait croître la fermentation. La présence d'un co-ferment, dont on ne connaît ni

le rôle exact, ni la constitution chimique, est aussi indispensable pour la fermentation.

Un chapitre entier est ensuite consacré à l'action de quelques agents accélérateurs et inhibiteurs sur les ferments du suc de levure. Il existe pour chaque suc une concentration optimum de phosphates. Les arséniates et arsénites accélèrent la fermentation des sucres ; on suppose qu'ils ne forment pas de combinaison avec les sucres, qu'ils n'agissent qu'en favorisant l'action hydrolysante de l'hexosephosphatase.

Les produits accessoires de la fermentation sont étudiés ensuite :

L'huile de fusel contient des alcools gras, surtout deux alcools amyliques ; on peut supposer que ces produits proviennent des aminoacides résultant de l'hydrolyse des protéïques ; voici les réactions qui s'effectueraient pour l'alcool isoamylique :

Leucine : $(CH_3)_2 = CH - CH_2 \cdot CH(NH_2) - COOH + H_2O \rightarrow$
$(CH_3)_2 = CH - CH_2 - CHOH - COOH + NH_3 \rightarrow$
$(CH_3)_2 = CH - CH_2 - CHO + H \cdot COOH \rightarrow$
$(CH_3)_2 = CH - CH_2 - CH_2OH + CO_2$.

On peut trouver d'autres cas analogues : ces réactions sont liées au métabolisme azoté de la cellule de levure vivante. De même l'acide succinique provient, croit-on, de l'acide glutamique ; la glycerine trouve sa source dans le sucre décomposé.

Un chapitre suivant analyse les diverses hypothèses formulées sur les phénomènes chimiques qui se produisent dans la fermentation, beaucoup d'auteurs admettent que l'acide lactique est un produit intermédiaire entre le sucre et les produits de la fermentation, d'autres que ce rôle est joué par la dihydro-oxyacétone. Loeb prétend que la fermentation est provoquée par la dépolymérisation de la molécule de sucre en aldéhyde formique. Schade propose les réactions suivantes :

$$C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2CH_3 - CHOH - COOH \rightarrow$$
$$CH_3 \cdot CHO + H \cdot COOH \rightarrow CH_3 \cdot CH_2OH + CO_2 .$$

Une autre hypothèse suppose comme produits intermédiaires l'acide lactique, la formamide, l'alanine et l'acide formique.

Un dernier chapitre étudie le mécanisme de la fermentation. Une même levure pouvant faire fermenter à la fois le glucose, le mannose et le lévulose, on peut supposer que ces trois sucres se transforment en une forme énolique commune ; les inégales vitesses de fermentation proviendraient de la plus ou moins rapide transformation des sucres en leur forme enolique. Le galactose possède une forme énolique totalement différente. Certains auteurs admettent une combinaison entre le sucre et le ferment ; d'autres la présence pour chaque sucre d'un ferment spécifique.

Nous pensons en avoir dit assez pour faire comprendre la valeur de cet ouvrage. J. S.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A

L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

PENDANT LE MOIS

DE SEPTEMBRE 1914

Le 1, rosée matin et soir.
3, brouillard le matin ; rosée le soir.
4, rosée le matin.
5, rosée le matin ; éclairs dans la soirée.
6, arc-en-ciel à 6 h. 15 m. du soir.
7, rosée matin et soir.
8, rosée le matin ; petite pluie de 8 h. 15 m. à 9 h. du matin et à 8 h. 30 m. du soir ; éclairs dans la soirée.
9, orage à 2 h. 40 m. ; pluie de 2 h. 45 m. à 3 h. 45 m. du soir ; pluie dans la nuit.
11, rosée le matin ; pluie dans la nuit.
12, pluie dans la nuit.
13, arc-en-ciel à 9 h. 15 m. ; pluie de 9 h. à 10 h. du matin.
les 14, 15 et 16, rosée le matin.
le 17, pluie à 8 h. 30 m. du soir et dans la nuit.
19, pluie de 7 h. à 10 h. du matin, à 7 h. et à 10 h. du soir ; pluie dans la nuit.
20, pluie de 1 h. à 3 h. du soir ; pluie dans la nuit ; neige sur les montagnes environnantes.
21, petites pluies l'après-midi et dans la nuit.
les 25 et 26, rosée le matin.
le 27, brouillard le matin, rosée le soir.
les 28 et 30, rosée le matin.

GENÈVE — SEPTEMBRE 1914

Jour du mois	Température 7 h.	Température 1 h.	Température 9 h.	Température Moyenne 8 Observ.	Température Ecart avec la normale	Température Min.	Température Max.	Fraction de saturation en 0/0 7 h.	Fraction de saturation 1 h.	Fraction de saturation 9 h.	Fraction de saturation Moyenne 8 Obs.	Fraction de saturation Ecart av. la norm.	Fraction de saturation Min.	Fraction de saturation Max.	Tempér. du Rhône Midi	Tempér. du Rhône Ecart avec la normale	Limnimètre
	°	°	°	°	°	°	°								°	°	mm.
1	+15.8	+22.8	+18.6	+19.13	+ 2.51	+13.2	+25.0	91	63	86	78	+ 4	55	93	19.6	+ 1.3	1820
2	18.0	21.6	18.2	19.52	+ 3.01	16.0	22.8	88	70	91	82	+ 8	66	94	19.0	+ 0.8	1795
3	14.4	22.8	19.3	18.49	+ 2.12	13.8	24.6	95	68	92	**85**	**+10**	65	95	19.6	+ 1.4	1765
4	11.5	26.8	20.5	**20.05**	+ 3.80	13.0	**27.8**	97	53	58	73	− 2	**41**	98	19.8	+ 1.7	1735
5	16.6	23.6	18.9	19.84	+ 3.71	15.0	25.8	85	62	82	74	− 1	48	91	20.3	+ 2.3	1740
6	17.0	21.0	17.6	18.37	+ 2.35	15.0	22.0	82	68	85	78	+ 3	60	90	20.4	+ 2.4	1695
7	15.2	21.1	18.7	18.24	+ 2.35	11.8	22.4	93	68	92	84	+ 8	66	96	20.3	+ 2.4	1690
8	16.2	22.2	17.7	18.71	+ 2.94	14.1	21.0	97	63	90	82	+ 6	58	98	20.7	+ 2.9	1655
9	16.5	22.2	11.5	17.40	+ 1.76	11.0	23.8	93	67	80	83	+ 7	63	95	20.3	+ 2.5	1670
10	14.1	23.6	15.9	17.11	+ 1.59	13.2	21.0	97	51	90	82	+ 6	50	**99**	19.4	+ 1.7	1710
11	13.6	23.2	18.3	17.75	+ 2.31	12.0	23.8	93	53	72	75	− 2	51	93	19.3	+ 1.7	1680
12	13.6	17.6	13.7	15.11	− 0.14	12.8	18.0	78	57	62	68	− 9	53	85	16.8	− 0.7	1735
13	15.0	18.8	10.6	14.56	− 0.56	10.0	20.0	90	45	80	74	− 3	42	98	15.5	− 2.0	1695
14	11.2	17.1	13.8	13.71	− 1.24	9.0	19.2	85	65	88	75	− 2	48	92	11.0	− 6.4	1765
15	13.0	23.0	11.7	16.31	+ 1.46	11.0	25.0	88	58	92	79	+ 1	52	95	11.3	− 6.0	1775
16	13.8	25.0	17.7	18.31	+ 3.60	11.2	25.8	80	47	78	71	− 7	41	98	15.2	− 2.0	1735
17	17.8	21.0	18.9	18.68	+ **4.12**	15.2	21.2	80	70	67	73	− 5	62	88	16.1	− 0.7	1735
18	14.0	18.4	13.0	15.86	+ 1.41	12.3	19.2	78	48	62	**66**	**−12**	45	88	16.3	− 0.7	1695
19	16.2	12.0	9.1	12.54	− 1.74	8.8	16.6	67	54	82	68	−10	48	95	16.4	− 0.5	1755
20	8.3	10.6	7.1	9.29	− 4.84	6.8	12.3	90	68	86	79	0	56	94	9.1	− 7.7	1655
21	6.4	12.2	7.5	**8.15**	− **5.83**	5.2	12.5	91	70	92	82	+ 3	64	95	11.0	− 5.7	1665
22	6.6	13.0	9.8	9.61	− 3.82	4.7	13.8	94	55	72	75	− 4	51	95	11.0	− 5.6	1670
23	8.7	12.1	10.2	10.54	− 3.11	7.5	13.6	76	65	73	71	− 8	60	82	12.0	− 4.5	1680
24	8.6	12.7	8.5	10.34	− 3.18	6.4	13.8	81	65	86	75	− 4	64	90	12.8	− 3.6	1670
25	7.2	12.4	8.6	9.00	− 4.37	**3.8**	13.7	91	68	84	83	+ 3	65	93	13.8	− 2.5	1660
26	9.1	12.6	9.0	10.54	− 2.67	7.1	15.4	86	68	90	81	+ 1	63	94	14.2	− 2.0	1685
27	5.9	15.0	10.3	10.49	− 2.56	1.8	19.2	98	68	87	84	+ 1	45	98	11.4	− 1.7	1695
28	5.6	17.7	13.2	12.36	− 0.53	1.7	21.3	96	63	90	79	− 1	53	96	11.2	− 1.8	1660
29	11.0	15.4	9.8	11.96	− 0.77	8.4	16.6	87	53	70	70	−10	47	90	14.3	− 1.6	1720
30	+ 7.0	+13.2	+ 7.8	+ 9.67	− 2.90	+ 4.5	+14.3	81	56	86	73	− 8	54	92	14.0	− 1.8	1690
Mois	+12.36	+18.39	+13.73	+14.72	+ 0.06	+10.29	+19.92	87	61	81	77	0			15.95	− 1.12	1719

GENÈVE — SEPTEMBRE 1914

Jour du mois	Pression atmosphérique 700mm + 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 8 Obs.	Ecart av. la norm.	Barographe Min.	Barographe Max.	Vent 7 h.	Vent 1 h.	Vent 9 h.	Vent Dominant	Vit. moy. kil. h.	Nébulosité 7 h.	1 h.	9 h.	Moy. 6 obs.	Durée d'insolation	Pluie Hauteur 24 h.	Pluie Nombre d'heures
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm										h.	mm.	
1	32.1	31.4	32.3	31.66	+ 3.90	30.7	32.5	SW. 0	N 1	SSW. 0	N 1	3.1	0	2	0	1	**11.7**	....	....
2	32.8	32.2	32.8	32.60	+ 4.86	32.0	33.3	N. 1	N. 1	SW. 0	N. 1	5.8	10	6	0	5	6.3	....	....
3	33.0	31.4	30.6	31.82	+ 4.10	30.3	33.0	SW. 1	N. 1	NE. 0	N. 1	3.3	10	1	0	3	10.7	....	....
4	30.1	28.3	27.4	28.86	+ 1.16	27.1	30.6	S. 0	SW. 1	SW. 1	SW. 1	1.0	0	5	2	1	11.0	....	....
5	25.9	26.9	28.2	27.17	− 0.51	26.6	28.6	SE. 0	N. 1	SSE 0	var.	1.6	6	5	10	7	7.6	....	....
6	29.8	30.8	30.8	29.98	+ 2.33	28.6	31.6	N. 0	N. 1	SE. 0	N. 1	3.8	10	3	2	5	6.9	....	....
7	31.8	30.5	29.0	30.63	+ 3.00	28.7	32.0	SE. 0	N. 1	NE. 0	N. 1	3.2	7	3	5	4	8.8	....	....
8	29.9	28.6	27.8	28.84	+ 1.21	27.3	30.0	S. 0	N. 1	SE. 0	calme	1.5	7	8	9	8	3.8	0.2	1
9	27.7	25.9	28.0	27.18	− 0.40	25.9	28.6	SE. 0	N. 1	S. 1	var.	1.6	8	7	4	6	1.9	1.3	4
10	29.6	28.9	29.6	29.19	+ 1.64	28.6	29.9	NE. 0	W. 1	WSW. 1	NW. 1	3.5	8	4	1	5	7.7	....	....
11	30.3	28.8	28.4	29.20	+ 1.68	28.1	30.4	SW. 0	SSW. 1	SW. 1	SSW. 1	8.8	3	1	10	6	8.1	**6.2**	**7**
12	29.4	31.1	29.1	29.78	+ 2.29	26.8	31.6	SE. 1	S. 1	NW. 1	SW. 1	11.5	8	5	10	7	5.1	1.9	2
13	23.5	27.1	29.1	26.63	− 0.83	23.4	29.5	SW. 2	W. 2	SE. 0	SW. 2	13.8	10	5	0	6	5.7	5.6	1
14	29.9	29.8	29.1	29.42	+ 1.99	28.7	30.0	W. 0	W 0	W. 0	calme	0.6	8	10	5	8	0.8	....	....
15	29.4	28.2	28.2	28.55	+ 1.15	27.3	29.5	SE. 0	SW. 1	N. 0	calme	1.6	3	2	0	2	9.6	....	....
16	28.9	29.1	29.8	29.05	+ 1.68	28.0	30.1	SE. 0	W. 1	WSW. 0	S. 1	4.8	8	2	5	4	8.9	....	....
17	29.4	27.9	26.3	28.19	+ 0.85	26.2	30.0	S. 1	SSW. 1	S. 1	SSW. 1	10.0	10	9	6	9	0.0	0.7	1
18	28.7	28.0	27.2	27.51	+ 0.23	25.4	28.8	S. 0	W. 1	S. 1	SSW. 1	9.2	3	5	10	5	10.3	....	....
19	19.0	24.4	27.3	**24.04**	− **3.23**	**18.4**	27.4	W. 2	NW. 1	SSE. 1	SW. 1	10.4	9	6	9	8	2.6	5.8	7
20	26.4	25.0	25.4	25.87	− 1.37	24.6	27.2	SSW. 1	SSW. 1	S. 1	SSW. 1	6.9	9	9	6	7	0.9	6.1	5
21	28.8	29.5	30.5	29.40	+ 1.89	26.7	30.7	SSE. 0	SSE. 0	SW. 1	var	7.7	10	5	0	7	2.3	1.2	2
22	31.1	31.1	31.7	31.09	+ 3.91	30.6	31.7	S. 1	NNE. 2	NNE. 3	NNE. 2	11.0	9	2	0	3	8.7	....	....
23	31.7	32.0	32.6	32.03	+ 4.89	31.4	32.9	NNE 2	NNE. 3	NNE. 3	NNE. 2	**21.7**	8	8	0	5	6.6	....	....
24	33.1	32.9	32.6	32.83	+ 5.72	32.4	33.6	NE. 1	NW. 1	SSW. 0	NNE. 1	7.3	9	0	0	2	7.5	....	....
25	32.0	31.0	31.9	31.63	+ 4.56	30.5	32.4	SSE. 0	NNE. 1	NE. 1	NNE. 1	6.1	10	1	0	6	5.6	....	....
26	32.6	32.2	33.7	32.60	+ 5.56	31.8	34.0	SW. 0	N. 1	SSW. 0	var.	2.7	10	1	0	2	7.1	....	....
27	34.8	34.2	34.1	**34.30**	+ **7.30**	33.6	**35.5**	SSW. 0	NW. 1	SW. 1	calme	0.6	10	1	0	4	7.0	....	....
28	32.8	30.6	29.4	31.32	+ 4.35	29.2	34.1	SSW. 0	N. 1	SE. 1	calme	1.1	3	8	1	4	9.3	....	....
29	28.8	28.5	30.8	29.38	+ 2.45	28.4	31.6	SW. 1	NNE. 3	NNE. 3	NNE. 1	12.6	9	1	0	2	7.7	....	....
30	32.2	32.5	34.1	32.69	+ 5.79	31.4	34.6	E. 1	NNE. 2	S. 1	NNE. 1	9.4	1	0	0	0	10.8	....	....
Mois	29.88	29.63	29.92	29.77	+ 2.14							6.61	7.2	4.3	3.2	4.9	201.0	32.0	30

MOYENNES DE GENÈVE. — SEPTEMBRE 1914

Correction pour réduire la pression atmosphérique de Genève à la pesanteur normale : +0mm.02. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

Pression atmosphérique : 700mm +

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.	Moyennes
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re déc.	30.45	30.07	30.37	30.44	29.51	28.98	29.10	29.73	29.79
2e »	27.94	27.41	27.47	28.29	27.94	27.76	27.88	27.93	27.83
3e »	31.53	31.39	31.79	32.05	31.45	31.24	31.80	32.31	31.70
Mois	29.87	29.63	29.88	30.26	29.63	29.33	29.59	29.99	29.77

Température.

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.	Moyennes
	°	°	°	°	°	°	°	°	°
1re déc	+16 45	+15 44	+15 83	+20 03	+22 80	+22.03	+19 77	+17.14	+18.69
2e »	13.29	13.05	13.65	16.85	18.70	17.86	14.74	13.58	15.21
3e »	7.85	7.18	7.61	11.30	13.66	14.33	11.36	8.84	10.27
Mois	+12.53	+11 89	+12.36	+16.06	+18.39	+18.07	+15 29	+13.19	+14.72

Fraction de saturation en %.

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.	Moyennes
1re décade	89	92	92	73	64	66	77	87	80
2e »	86	85	82	67	56	57	70	79	73
3e »	86	89	88	72	63	59	76	83	77
Mois	87	88	87	71	61	61	75	83	77

Dans ce mois l'air a été calme 283 fois sur 1000.

Le rapport des vents $\frac{\text{NNE}}{\text{SSW}} = \frac{79}{55} = 1.44$

Moyennes des 3 observations (7h, 1h, 9h)

		mm
Pression atmosphérique		29.81
Nébulosité		4.9
Température	$\frac{7+1+9}{3}$	+14°.83
	$\frac{7+1+2\times9}{4}$	+14°.55
Fraction de saturation		76 %

Valeurs normales du mois pour les éléments météorologiques, d'après Plantamour :

		mm
Press. atmosphér.	(1836-1875)	727.63
Nébulosité	(1847-1875).	4.9
Hauteur de pluie	(1826-1875).	94mm.2
Nombre de jours de pluie.	(id.).	10
Température moyenne	(id.).	+14°.66
Fraction de saturat.	(1849-1875).	77 %

Observations météorologiques faites dans le canton de Genève

Résultats des observations pluviométriques

Station	CÉLIGNY	COLLEX	CHAMBESY	CHATELAINE	SATIGNY	ATHENAZ	COMPESIÈRES
Hauteur d'eau en mm.	74.6	44.4	36.8	35.0	38.2	52.6	32 3

Station	VEYRIER	OBSERVATOIRE	COLOGNY	PUPLINGE	JUSSY	HERMANCE
Hauteur d'eau en mm.	27.4	32.0	34.9		40.4	58.2

Insolation à Jussy : 167.9 h.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU

GRAND SAINT-BERNARD

PENDANT LE MOIS

DE SEPTEMBRE 1914

Les 6, 7, 8, 9, 10, 12, 13, 14 et 17, pluie.
7, 8, 12, 13, 21 et 22, brouillard.
19 et 20, neige.
12, 13, 14, 18, 19 et 29, très forte bise.

GRAND SAINT-BERNARD — SEPTEMBRE 1914

Jour du mois	Pression atmosphérique 500mm + 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Ecart av. la norm.	Barographe Min.	Max.	Vent 7 h.	1 h.	9 h.	Dominant	Nébulosité 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Pluie Hauteur (24 h.)	Neige Hauteur (24 h.)
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.									mm.	cm.
1	73.0	73.2	74.0	73.4	+ 5.3	72.8	74.0	NE. 0	NE. 1	NE. 1	NE. 1	0	1	0	0	....	....
2	73.5	73.9	74.7	**74.0**	+ 5.9	73.4	**74.8**	NE. 0	NE. 1	NE. 1	NE. 1	0	2	0	1	....	....
3	74.3	74.0	73.8	**74.0**	+ **6.0**	73.1	74.5	NE. 0	NE. 0	NE. 1	NE. 0	0	0	0	0	....	....
4	72.5	72.1	70.7	71.9	+ 3.9	69.6	73.4	NE. 0	NE. 1	NE. 1	NE. 1	0	3	0	1	....	....
5	68.7	68.7	69.4	68.9	+ 1.0	68.6	69.8	NE. 0	NE. 1	NE. 1	NE. 1	8	10	4	7	6.0	....
6	70.5	71.2	72.5	71.4	+ 3.0	69.8	72.5	SW. 1	SW. 1	SW. 2	SW. 1	1	5	10	5	1.1	....
7	72.2	72.4	72.1	72.2	+ 4.4	72.0	72.5	SW. 1	SW. 1	SW. 2	SW. 1	10	7	10	9	....	....
8	72.0	71.3	70.8	71.4	+ 3.7	70.0	72.0	SW. 0	SW. 1	SW. 1	SW. 1	10	9	10	10	0.2	....
9	69.5	68.8	68.1	68.8	+ 1.2	68.0	70.0	SW. 2	SW. 2	SW. 0	SW. 1	10	10	6	9	13.4	....
10	68.7	69.8	70.4	69.6	+ 2.0	68.3	70.8	SW. 1	SW. 0	SW. 1	SW. 1	7	7	2	5	2.1	....
11	71.0	70.3	69.1	70.1	+ 2.6	68.8	71.0	SW. 0	SW. 0	SW. 2	SW. 1	3	6	10	6	11.6	....
12	66.5	66.7	66.9	66.7	- 0.7	66.2	68.8	SW. 0	NE. 3	NE. 1	NE. 2	10	10	0	7	**19.6**	....
13	63.6	64.5	65.8	64.6	- 2.8	63.4	66.6	NE. 0	NE. 4	NE. 4	NE. 3	10	10	10	10	10.6	....
14	67.0	68.5	69.3	68.3	+ 1.0	66.6	69.6	NE. 3	NE. 2	NE. 1	NE. 2	9	10	1	7	....	....
15	69.6	69.7	70.5	69.9	+ 2.7	69.6	70.8	NE. 0	NE. 0	NE. 1	NE. 0	2	0	0	1	....	....
16	70.3	71.4	71.4	71.0	+ 3.9	70.3	71.5	SW. 0	SW. 1	SW. 1	SW. 1	3	1	0	1	....	....
17	70.0	69.4	67.7	69.0	+ 1.9	67.0	70.7	SW. 0	SW. 1	SW. 0	SW. 0	8	9	10	9	9.4	....
18	66.3	66.0	64.5	65.6	- 1.4	63.8	67.0	NE. 1	NE. 3	NE. 1	NE. 2	10	2	0	4	....	....
19	60.6	59.7	61.9	**60.7**	- **6.2**	**59.6**	63.8	NE. 0	NE. 4	NE. 5	NE. 3	10	10	10	10	15.7	5
20	62.1	61.4	60.0	61.2	- 5.6	59.8	62.0	NE. 2	NE. 1	NE. 1	NE. 1	7	9	10	9	10.0	**7**
21	61.4	63.1	64.6	63.0	- 3.7	59.8	65.1	NE. 3	NE. 2	NE. 2	NE. 2	10	10	10	10	....	....
22	65.0	65.1	65.9	65.0	- 0.6	64.9	67.0	NE. 2	NE. 1	NE. 1	NE. 1	10	6	10	9	....	....
23	67.0	67.5	68.4	67.6	+ 1.0	67.0	68.6	NE. 1	NE. 0	NE. 0	NE. 0	0	1	0	0	....	....
24	68.8	69.3	69.4	69.2	+ 2.7	68.6	69.5	NE. 0	NE. 1	NE. 0	NE. 0	0	1	0	0	....	....
25	68.3	68.0	68.8	68.4	+ 2.0	68.0	69.0	NE. 0	NE. 1	NE. 0	NE. 0	0	1	0	0	....	....
26	68.7	69.4	71.1	69.7	+ 3.4	68.5	71.4	NE. 0	NE. 1	NE. 1	NE. 1	1	2	0	1	....	....
27	71.5	72.1	72.2	71.9	+ 5.7	71.4	72.2	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	1	1	0	1	....	....
28	70.9	70.2	68.0	69.7	+ 3.6	67.6	72.0	NE. 1	NE. 2	NE. 2	NE. 2	4	4	1	3	....	....
29	64.5	65.0	67.0	65.5	- 0.5	64.1	68.2	NE. 5	NE. 4	NE. 2	NE. 4	6	1	0	2	....	....
30	68.8	70.0	71.9	70.2	+ 1.3	68.2	72.1	NE. 0	NE. 1	NE. 0	NE. 0	0	0	0	0	....	....
Mois	68.56	68.80	69.06	68.81	+ 1.36							5.0	4.9	3.8	4.6	99.7	12

Jour du mois	Température 7 heures	1 heure	9 heures	Moyenne 3 Observ.	Ecart avec la normale	Minimum	Maximum	Fraction de saturation en % 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Min.	Max.
	°	°	°	°	°	°	°						
1	+ 7.0	+ 12.3	+ 8.4	+ 9.2	+ 4.1	+ 6.5	+ 13.2	71	46	91	70	43	92
2	7.4	11.2	9.0	9.2	+ 4.2	6.9	13.0	68	50	78	65	42	81
3	8.0	13.1	8.6	9.9	+ 5.0	7.8	13.3	72	61	81	71	56	84
4	7.6	14.4	8.6	**10.2**	+ **5.4**	7.1	**14.6**	81	49	79	70	47	88
5	7.2	8.2	5.1	6.8	+ 2.1	4.8	9.0	97	100	87	95	81	100
6	5.6	7.2	5.6	6.1	+ 1.5	4.2	8.1	78	83	98	86	73	98
7	4.6	6.8	5.6	5.7	+ 1.2	4.4	7.1	98	76	97	90	75	98
8	4.3	6.4	5.0	5.2	+ 0.8	4.0	6.6	96	83	99	93	77	100
9	3.5	3.9	2.0	3.1	− 1.2	1.3	4.6	99	100	98	**99**	88	100
10	2.3	6.1	4.8	4.4	+ 0.2	1.7	7.0	89	72	86	82	62	92
11	3.7	6.0	4.2	4.6	+ 0.5	+ 3.2	6.6	88	81	84	84	72	90
12	1.8	0.5	+ 1.3	1.2	− 2.8	− 0.5	4.8	88	96	57	80	48	96
13	4.3	1.9	− 1.7	1.5	− 2.4	− 2.4	6.4	91	99	96	96	55	100
14	1.8	3.7	+ 5.5	3.7	− 0.1	− 3.1	5.7	73	95	54	74	46	97
15	5.0	10.0	6.3	7.1	+ 3.5	+ 4.3	11.8	44	44	50	46	29	53
16	5.0	9.8	6.8	7.2	+ 3.7	4.4	10.0	46	49	57	51	37	60
17	5.6	7.0	5.4	6.0	+ 2.6	4.6	7.3	61	69	88	74	55	92
18	1.7	+ 5.1	+ 0.4	+ 2.4	− 0.9	+ 0.2	6.0	100	44	79	74	40	100
19	+ 1.8	− 1.8	− 4.6	− 1.5	− 4.6	− 5.0	+ 2.2	77	97	96	90	51	98
20	− 5.2	− 1.7	− 5.0	− 4.0	− 7.0	− 5.8	− 1.5	97	100	89	95	85	100
21	− 7.2	− 4.0	− 6.0	− **5.7**	− **8.6**	− **8.0**	− 3.7	94	94	95	94	88	97
22	− 6.0	− 1.6	− 4.1	− 3.9	− 6.7	− 6.5	− 0.8	98	100	98	**99**	84	100
23	− 5.5	+ 0.9	− 2.0	− 2.2	− 4.8	− 6.8	+ 1.7	74	57	80	70	53	90
24	− 2.2	2.2	− 0.7	− 0.2	− 2.7	− 2.8	2.8	74	60	85	73	52	86
25	− 1.7	2.3	− 0.5	0.0	− 2.4	− 2.0	2.5	84	64	95	81	56	96
26	− 1.9	3.1	+ 0.2	+ 0.5	− 1.7	− 2.0	3.9	91	54	86	77	45	93
27	+ 0.6	5.8	1.8	2.7	+ 0.6	0.0	6.3	41	34	66	47	33	71
28	3.6	6.0	+ 3.4	4.3	+ 2.4	+ 1.5	6.6	64	64	71	66	60	88
29	1.5	1.9	− 1.0	0.8	− 1.0	− 2.6	3.0	81	69	68	73	24	88
30	+ 2.0	+ 8.4	+ 4.6	+ 5.0	+ 3.3	− 0.5	+ 8.8	19	21	35	**25**	**16**	38
Mois	+ 2.21	+ 5.17	+ 2.57	+ 3.32	0.00	+ 0.63	+ 6.23	78	70	81	76		

MOYENNES DU GRAND SAINT-BERNARD — SEPTEMBRE 1914

Correction pour réduire la pression atmosphérique du Grand Saint-Bernard à la pesanteur normale : — $0^{mm}.22$. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

	Pression atmosphérique : 500^{mm} +				**Fraction de saturation en %**			
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
	mm	mm	mm	mm				
1re décade	71.49	71.57	71.65	71.57	85	72	89	82
2e »	66.70	66.76	66.71	66.71	77	77	75	76
3e »	67.49	68.07	68.83	68.13	72	62	78	71
Mois	68.56	68.80	69.06	68.81	78	70	81	76

Température.

	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne. $\frac{7+1+9}{3}$	Moyenne. $\frac{7+1+2\times 9}{4}$
	°	°	°	°	°
1re décade	+ 5.75	+ 8.96	+ 6.27	+ 6.99	+ 6.81
2e »	+ 2.55	4.05	+ 1.86	2.82	+ 2.58
3e »	— 1.68	2.50	— 0.43	0.13	— 0.01
Mois	+ 2.21	+ 5.17	+ 2.57	+ 3.32	+ 3.13

Dans ce mois l'air a été calme 311 fois sur 1000

Le rapport des vents $\frac{NE}{SW} = \frac{82}{21} = 3.90$

Pluie et neige dans le Val d'Entremont.

Station	Martigny-Ville	Orsières	Bourg-St-Pierre	St-Bernard
Eau en millimètres.....	88.7	42.5	47.4	99.7
Neige en centimètres....	—	—	4	12

SUR

L'ÉQUATION INTÉGRALE D'ABEL

ET SUR

LA VALEUR ASYMPTOTIQUE D'UNE CERTAINE INTÉGRALE DÉFINIE

PAR

C. CAILLER

---

§ 1. Je me propose d'appliquer ici l'équation intégrale d'Abel, étendue au champ complexe, à la détermination de la valeur asymptotique de l'intégrale définie

$$F(t) = \int_0^1 \frac{f(z,t)}{(1-x_1 z)^{a_1}(1-x_2 z)^{a_2}\dots(1-x_p z)^{a_p}}\,dz\ . \qquad (1)$$

Dans cette intégrale, les exposants a_i sont supposés des quantités réelles quelconques positives ou négatives; les fonctions x_1, x_2, ... x_p, qui dépendent d'une variable t, sont réelles ou imaginaires et tendent ensemble vers la limite 1 quand t s'approche de zéro, de manière à produire une accumulation de p singularités algébriques à la limite supérieure de notre intégrale. On admet que les x sont holomorphes en t dans le voisinage de $t = 0$; si, comme il arrive souvent, sans que ce soit là une hypothèse nécessaire, la ligne d'intégration est supposée réelle, il est clair que, dans le domaine de la variable t, aucune des fonctions x ne peut devenir réelle et supérieure à l'unité. Les lignes du domaine (t) où cette condi-

tion cessera d'avoir lieu sont des coupures de la fonction $F(t)$; les coupures rayonnent évidemment autour de l'origine, elles se déforment quand on substitue un contour curviligne au chemin d'abord rectiligne de l'intégration.

En ce qui concerne le numérateur $f(z, t)$, je lui donnerai la forme générale

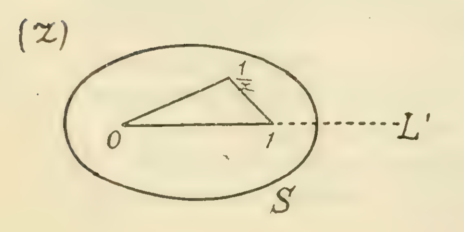
$$f(z, t) = \frac{g(z,t)}{z^q} .$$

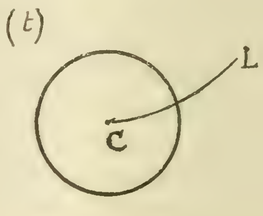
Le numérateur de cette expression $g(z, t)$ est supposé holomorphe dans un domaine double, comprenant, pour le plan (z), une aire à laquelle le segment 01 est complètement intérieur sans en toucher le bord, pour le plan (t) un cercle décrit autour de l'origine; de plus on n'a pas $g(0, t) = 0$. C'est afin de multiplier un peu les singularités qu'on a ajouté le diviseur $\frac{1}{z^q}$, de manière que l'intégrale (1) est singuliere à chacune de ses limites. Il est clair que c'est seulement en vue de la précision des données que celles-ci ont été choisies égales à 0 et 1, mais qu'elles pourraient être aussi bien transportées en deux points quelconques du plan (z). Il est d'ailleurs entendu que, l'intégrale devant être convergente, l'exposant q, positif ou négatif, ne saurait dépasser 1.

Le problème à résoudre consiste à reconnaître la nature de la singularité offerte par $F(t)$, dans le voisinage du point $t = 0$, ou plus, généralement, à représenter $F(t)$ par des développements convergents autour de l'origine.

§ 2. Considérons d'abord le cas très simple d'une seule singularité

$$F(t) = \int_0^1 \frac{f(z,t)}{(1 - xz)^a} dz , \tag{2}$$





et posons $x = 1 - u$, $u = \alpha t + \beta t^2 + \ldots$ Soient S et C le domaine double dans lequel est définie la fonction $g(z, t)$.

Soit L la coupure tracée dans le plan t à laquelle correspond le segment indéfini $L' = 1\,\infty$ pour la variable $x = 1 - u$; nous supposons que le cercle C soit assez petit pour que tous les points tels que $\frac{1}{x}$ ne sortent pas du domaine S dans le plan (z).

Posons :

$$\int_0^1 = \int_0^{\frac{1}{x}} + \int_{\frac{1}{x}}^1 ,$$

ce qui revient à substituer au contour rectiligne d'intégration le contour brisé $0, \frac{1}{x}, 1$. Dans la première intégrale $\int_0^{\frac{1}{x}}$, nous remplacerons xz par y, dans la seconde $\int_{\frac{1}{x}}^1$, xz par $1 - u(1 - y)$; ces deux transformations donnent immédiatement

$$F(t) = \frac{1}{1-u}\int_0^1 \frac{f\left(\frac{y}{1-u}, t\right)}{(1-y)^a}\,dy - \frac{u^{1-a}}{1-u}\int_0^1 f\left(1 + \frac{uy}{1-u}, t\right)\frac{dy}{(1-y)^a}. \tag{3}$$

Il est clair que, si le cercle C est suffisamment petit, chacune des intégrales de la formule (3) est développable suivant les puissances de t. Ainsi donc, en général, la fonction $F(t)$ admettra un point critique du type t^{1-a}, si u est du premier ordre en t, du type $t^{s(1-a)}$ si u est du $s^{\text{ième}}$ ordre ; il serait aisé de reconnaître sous quelles conditions la singularité peut disparaître.

C'est de la formule (3) que nous ferons dépendre la solution générale de notre problème concernant l'intégrale $F(t)$. Il faut toutefois remarquer que la substitution du contour brisé au chemin primitif d'intégration n'est possible que si la fonction à intégrer

$$\frac{f(z, t)}{(1 - xz)^a}$$

reste intégrable autour du point critique $z = \frac{1}{x}$. Dans le cas contraire, c'est-à-dire si $a \geqq 1$, les intégrales (3) sont divergentes. Pour écarter ce cas, il suffit de remarquer l'équation

$$a \int_0^1 \frac{f(z,t)dz}{(1-xz)^{a+1}} = \frac{1}{x^{a-1}} \frac{d}{dx} x^a \int_0^1 \frac{f(z,t)dz}{(1-xz)^a},$$

laquelle servira à abaisser progressivement l'exposant au-dessous de l'unité s'il est fractionnaire, jusqu'à l'unité s'il est entier.

Il reste donc simplement à examiner, à titre de cas particulier, celui de $a = 1$. On a alors

$$\mathrm{F}(t) = \int_0^1 \frac{f(z,t)dz}{1-xz}$$

$$= \int_0^1 \frac{f(z,t) - f\left(\frac{1}{x}, t\right)}{1-xz} dz + f\left(\frac{1}{x}, t\right) \int_0^1 \frac{dz}{1-xz} .$$

La seconde intégrale vaut $-\frac{1}{x} \log(1-x)$, la première se transforme en une intégrale régulière autour du point critique $z = \frac{1}{x}$. En appliquant à celle-ci les transformations qui nous avaient donné la formule (3), nous obtenons cette fois

$$\begin{aligned} \mathrm{F}(t) = &- \frac{\log u}{1-u} f\left(\frac{1}{1-u}, t\right) \\ &+ \int_0^1 \frac{f\left(\frac{y}{1-u}, t\right) - f(1 + \frac{uy}{1-u}, t)}{(1-y)(1-u)} dy , \end{aligned} \tag{4}$$

où se trouve mise en évidence la nature logarithmique du point singulier $t = 0$. Quant à l'intégrale qui subsiste dans le second membre de (4), on peut la simplifier un peu en opérant, d'une manière formelle, la division par le facteur $\frac{1}{1-y}$ et écrivant à sa place

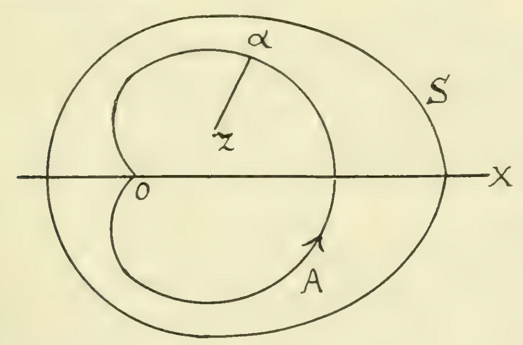
$$\int_0^1 \int_0^1 \frac{f'\left(\frac{y}{1-u} + (1-y)z\,,\,t\right)}{1-u}\,dydz\ ,$$

expression où $f'(a, b)$ remplace $\frac{df}{da}$.

§ 3. Avant de passer au problème général de l'intégrale (1), il nous faut d'abord étudier, dans le champ complexe, l'équation intégrale d'Abel

$$f(z) = \int_A \frac{\varphi(\alpha)d\alpha}{(\alpha - z)^m}\ . \tag{5}$$

Cette question, facile, est intéressante en elle-même, ainsi que par ses rapports avec le problème d'Abel dans le champ réel ; si la fonction $\varphi(\alpha)$ était analytique et l'exposant m inférieur à l'unité, il serait aisé par une déformation du contour A d'intégration de ramener l'un à l'autre les deux cas du champ complexe et du champ réel. Mais cette réduction ne nous est pas utile ici et nous allons traiter pour lui-même le cas complexe. Présentons d'abord, au sujet des données, quelques précisions indispensables.



Dans (5), le contour d'intégration est une courbe A, dont le dessin ci-contre indique les principales particularités. Cette courbe, plus ou moins symétrique autour de l'axe des x, passe à l'origine O et n'est rencontrée par les parallèles à l'axe qu'en deux points seulement. Si, comme dans la figure, la

courbe présente un angle à l'origine, il est entendu que les deux branches n'y formeront pas un rebroussement.

Quant à la fonction $\varphi(\alpha)$, qui figure dans le numérateur de (5), elle pourrait être quelconque pourvu qu'elle soit intégrable le long du contour A. Mais, le plus ordinairement, nous admettons qu'elle est analytique et holomorphe à l'intérieur de A. C'est au bord seulement qu'elle peut admettre des singularités ; nous admettons non seulement que $\varphi(\alpha)$, mais même que $|\varphi(\alpha)|$ est intégrable. En particulier, à l'origine, $\varphi(\alpha)$ aura la forme

$$\varphi(\alpha) = \frac{g(\alpha)}{\alpha^p} \ ,$$

le numérateur $g(\alpha)$ étant holomorphe, non nul en 0, et l'exposant $p < 1$.

La fonction $\varphi(\alpha)$ étant donnée, pour que $f(z)$ soit bien défini, on fera commencer l'intégration à l'origine O et on l'exécutera dans le sens direct. En outre, r et θ désignant le module et l'argument de la différence α-z, on fait $(\alpha\text{-}z)^m = r^m e^{m\theta i}$, et on suppose que l'argument θ varie d'une manière continue et s'annule au moment où le vecteur $z\alpha$ devient parallèle à l'axe OX dans le sens de cet axe. Alors, quand α trace la courbe A, à partir du point O, dans le sens direct, l'argument, d'abord négatif, augmente et sa variation totale atteint 2π au bout d'un tour entier. Il convient d'observer que même si z venait à se confondre avec un point β du contour lui-même, ces prescriptions resteraient valables : l'argument de $(\alpha—\beta)$ serait, il est vrai, une fonction discontinue du point α, augmentant brusquement de π au moment où α passe en β. De cette remarque résulte immédiatement que, considérée comme une fonction du point β, l'argument de $(\alpha—\beta)$ est aussi une quantité discontinue : lorsque α est fixe et β mobile dans le sens direct le long de A, le dit argument diminue brusquement de π à l'instant où β franchit α.

Tout ceci étant bien compris, on voit que $f(z)$ est une fonction parfaitement définie de la variable z; elle est analytique et holomorphe à l'intérieur de A, cela même au cas où $\varphi(\alpha)$ ne le serait pas. Si, de plus, m était inférieur à l'unité,

$f(\beta)$ resterait fini en tout point du contour, l'origine $\beta = 0$ étant peut-être seule exceptée. Laissons m quelconque, supposons

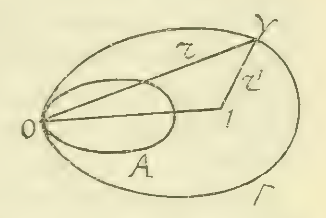
$$\varphi(\alpha) = \frac{g(\alpha)}{\alpha^p},$$

et demandons-nous quelle est la nature de la singularité que présente à l'origine cette fonction $f(z)$. La réponse est aisée.

En effet, faisons $\alpha = \gamma z$, il vient

$$z^{m+p-1} f(z) = \int_\Gamma \frac{g(\alpha) d\gamma}{\gamma^p (\gamma - 1)^m};$$

la ligne d'intégration Γ est transformée de A par la substitution $\alpha = \gamma z$; elle entoure le point $\gamma = 1$ et s'amplifie à l'infini à mesure que z décroit. Si on désigne par ds l'élément d'arc, par r et r' les rayons vecteurs $\gamma 0$, $\gamma 1$, et qu'on suppose $g(\alpha)$ borné de sorte que $|g(\alpha)| < \mathrm{M}$, on voit que l'intégrale ci-dessus a pour limite supérieure la quantité



$$\mathrm{M} \int_\Gamma \frac{ds}{r^p r'^m}$$

évidemment convergente à mesure que la courbe se déforme en allant à l'infini, sous la condition $p + m > 1$, et l'on verrait sans peine que la conclusion demeure vraie dans le cas où $|g(\alpha)|$, sans être borné, serait intégrable le long de A. Ainsi, sous la réserve $p + m > 1$, le module de $z^{m+p-1} f(z)$ reste limité dans le voisinage de $z = 0$.

Le cas le plus intéressant, celui où $g(z)$ est holomorphe dans A, autorise une conclusion plus nette. Dans ce cas, en effet, la courbe Γ peut être maintenue fixe tandis que z décroît et que la courbe A', correspondant à Γ par la transformation $\alpha = \gamma z$, s'approche de O de manière à laisser en dehors d'elle tous les points singuliers de $g(z)$. On a donc, cette fois, sans aucune limitation visant l'exposant $p + m$,

$$z^{m+p-1} f(z) = \int_\Gamma \frac{g(\beta z) d\beta}{\beta^p (\beta - 1)^m},$$

ou bien, comme le second membre est évidemment holomorphe en z dans l'aire A

$$f(z) = \frac{G(z)}{z^{p+m-1}} .$$

Pour que la formule précédente exprime la nature de la singularité, il faut ajouter que la valeur initiale G (0) est ordinairement différente de 0.

En effet, on a

$$G(0) = g(0) \int \frac{d\beta}{\beta^p(\beta-1)^m} = 2ig(0) \sin m\pi \frac{\Gamma(1-m)\Gamma(1-p)}{\Gamma(2-m-p)} ;$$

et d'après la signification des lettres, p n'est pas entier, il est plus petit que l'unité, en outre $g(0)$ n'est pas nul. On voit à l'instant que G(0) ne saurait s'annuler que dans les deux hypothèses que voici : ou bien m est un entier nul ou négatif, ou bien $m+p-2$ est un entier nul ou positif.

Or, le premier de ces deux cas peut être écarté comme dénué d'intérêt ; la fonction $f(z)$ est alors identiquement nulle puisque l'élément à intégrer est holomorphe en α dans toute l'étendue du domaine A.

Pour étudier le second cas, désignons par k un entier positif et posons $p+m-2=k$; l'expression

$$f(z) = \frac{G(z)}{z^{p+m-1}} = \frac{G(z)}{z^{k+1}}$$

semble indiquer pour $f(z)$ un pôle d'ordre $k+1$. Mais en réalité on a

$$G(z) = \int_\Gamma \frac{g(\beta z)d\beta}{\beta^p(\beta-1)^m} = \sum \frac{g^{(n)}(0)}{n!} a_n z^n ,$$

avec

$$a_n = \int_\Gamma \frac{\beta^n d\beta}{\beta^p(\beta-1)^m} .$$

Or le diviseur

$$\beta^p(\beta-1)^m = \beta^{k+2}\left(\frac{\beta-1}{\beta}\right)^m$$

est uniforme dans Γ, et l'on peut déformer le contour d'intégration pour l'étendre dans tous les sens jusqu'à l'infini. En faisant ainsi $\beta = \frac{1}{\gamma}$, il vient

$$a_n = \int \frac{y^{k-n} dy}{(1-y)^m},$$

résultat nul pour tout m égal ou inférieur à k, l'intégrale devant être exécutée sur un petit cercle entourant le point O.

On voit donc, en résumé, que si $\varphi(z)$ est analytique dans A, régulier à l'origine ou, plus généralement, doué en ce point d'une singularité algébrique du type $\frac{1}{z^p}$, avec $p < 1$, la fonction $f(z)$ possédera de même une singularité du type $\frac{1}{z^{p+m-1}}$. Il y a exception quand $p+m-2$ est un entier positif ou nul et il en résulte que $f(z)$ n'aura jamais de pôle ; la fonction $f(z)$ est holomorphe à l'origine dans le cas en question.

D'ailleurs, en vue d'assurer la convergence de certaines intégrales, nous allons être conduits à imposer à nos exposants une nouvelle restriction, à savoir $p+m<2$: voici les circonstances où cette condition est appelée à intervenir.

Considérons, avec la courbe A, tracée par le point α, une autre courbe engendrée par un point β. Les caractéristiques de la nouvelle courbe B seront essentiellement les mêmes que celles de A ; elle est intérieure à A, passe en O, mais sans s'y trouver en contact avec A, de manière que si A n'a pas d'angle en O, B en aura un. Je dis que sous ces conditions et $p+m$ étant plus petit que 2, si on envisage l'intégrale double

$$\int_A \int_B \frac{\varphi(\alpha) d\alpha d\beta}{(\alpha-\beta)^m} = \int_A \int_B \frac{g(\alpha) d\alpha d\beta}{\alpha^p (\alpha-\beta)^m}, \qquad (6)$$

l'ordre des deux intégrations peut être alterné ; pour établir ce point, il suffit de montrer que la dite intégrale double est absolument convergente. C'est ce qui résulte des remarques qui suivent.

Soient en effet a, a' les cosinus directeurs de la tangente en O menée à la courbe A, b, b' les mêmes quantités relatives

à la courbe B, enfin s, s' les arcs de ces courbes. Nous avons, au premier ordre près

$$\alpha = (a + a'i)s \quad , \quad \beta = (b + b'i)s' \quad ,$$
$$\alpha - \beta = (as - bs') + i(a's - b's') \quad .$$

A cause de la supposition faite sur les tangentes de nos deux courbes à l'origine, on n'a pas $ab' - a'b = 0$; on peut donc prendre pour variables indépendantes les quantités

$$\sigma = as - bs' \quad , \quad \sigma' = a's - b's' \quad , \quad \text{d'où} \quad s = f\sigma + g\sigma' \quad .$$

On a donc, toujours au premier ordre près,

$$| d\alpha d\beta | = dsds' = \frac{d\sigma d\sigma'}{| ab' - a'b |} \quad ,$$

$$|\alpha - \beta| = |\sigma + i\sigma'| = \sqrt{\sigma^2 + \sigma'^2} \quad ; \qquad |\alpha| = s = f\sigma + g\sigma' \quad ,$$

d'où

$$\int\int \left| \frac{d\alpha d\beta}{\alpha^p(\alpha - \beta)^m} \right|$$

$$= \frac{1}{| ab' - a'b |} \int\int \frac{d\sigma d\sigma'}{(\sigma^2 + \sigma'^2 + u)^{m/2}(f\sigma + g\sigma' + v)^p} \quad ,$$

u et v désignent deux infiniment petits des ordres 3 et 2 relativement à σ, σ'. Si donc on emploie, à la place des coordonnées rectangles σ, σ', les polaires r et θ, l'intégrale précédente se transforme en

$$\mathrm{P} \int\int \frac{drd\theta}{r^{m+p-1}} (1 + \varepsilon\psi(\theta)) \quad ,$$

P étant une quantité finie, ε un infiniment petit quand r s'approche de 0, $\psi(\theta)$ une fonction intégrable en O. Le résultat est évidemment convergent si $m - p < 2$, et il en sera de même pour l'intégrale générale (6), à condition que $| g(\alpha) |$ soit intégrable le long de A, et fini en O.

§ 4. Après ces longs préliminaires, passons à la résolution de l'équation (5) par rapport à l'inconnue $\varphi(\alpha)$. Pour que cette résolution soit possible, il faut naturellement que la donnée $f(z)$ soit analytique à l'intérieur de A et holomorphe. Mais pour obtenir un résultat précis, nous admettons de plus que $f(z)$ est prolongeable sur tout le bord, sauf peut-être en O, où cette fonction présente une singularité du type $\frac{1}{z^q}$, l'exposant q étant inférieur à la plus petite des deux quantités 1 et m.

Dans ces conditions, je dis que *la fonction*

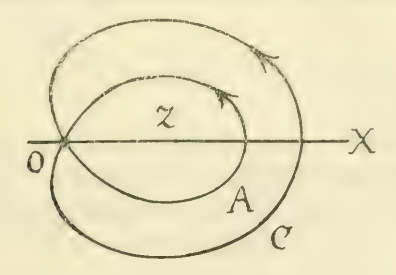
$$\varphi(z) = \frac{m-1}{4\pi \sin m\pi} \int_{A} \frac{f(\alpha)d\alpha}{(\alpha - z)^{2-m}}, \tag{7}$$

est une solution analytique de l'équation intégrale (5).

D'abord, en premier lieu, l'intégrale (7) existe à cause des suppositions

$$f(\alpha) = \frac{g(\alpha)}{\alpha^q} \quad \text{et} \quad q < 1 \ ;$$

elle fournit la définition d'une fonction $\varphi(z)$ déterminée en tous les points intérieurs à A. Cette fonction est analytique dans A et présente, à l'origine seulement, une singularité du type $\frac{1}{z^{q-m+1}}$. Pour définir $\varphi(z)$ au delà de A et sur le contour même, il suffira de remplacer la ligne d'intégration par une une autre, telle que C, tracée dans le domaine d'existence de



$f(z)$ lequel déborde partout sur A, sauf en O. Nous admettons d'abord que la courbe C n'est pas tangente en O à la courbe C, et qu'elle est partout extérieure à cette dernière. Ainsi z étant compris dans le nouveau domaine délimité par C, on a comme

définition plus générale, applicable par exemple aux points de A

$$\varphi(z) = \frac{m-1}{4\pi \sin m\pi} \int_C \frac{f(y)dy}{(y-z)^{2-m}} .$$

Calculons la quantité

$$\int_A \frac{\varphi(\alpha)d\alpha}{(\alpha - z)^m} ,$$

laquelle est convergente, puisque à l'origine

$$\varphi(\alpha) = \frac{g(\alpha)}{\alpha^{q-m+1}} ,$$

et que $q-m+1$ est inférieur à l'unité par suite de la convention $q<m$. On a donc

$$\int_A \frac{\varphi(\alpha)d\alpha}{(\alpha - z)^m} = \frac{m-1}{4\pi \sin m\pi} \int_A \int_C \frac{f(y)dyd\alpha}{(y-\alpha)^{2-m}(\alpha - z)^m} .$$

Mais la somme des exposants $q+(2-m)$ étant inférieure à 2, à cause de l'hypothèse $q<m$, on peut alterner l'ordre des intégrations et commencer par celle relative à α en écrivant

$$\int_A \frac{\varphi(\alpha)d\alpha}{(\alpha - z)^m} = \frac{m-1}{4\pi \sin m\pi} \int_C f(y)dy \int_A \frac{d\alpha}{(y-\alpha)^{2-m}(\alpha - z)^m} . \quad (8)$$

Supposons z intérieur à A, et remarquons l'identité

$$\int \frac{d\alpha}{(y-\alpha)^{2-m}(\alpha - z)^m} = \frac{1}{1-m} \frac{(y-\alpha)^{m-1}(\alpha - z)^{1-m}}{y-z} .$$

Or γ est extérieur à la courbe A, l'argument du premier facteur reprend sa valeur primitive quand α opère une circulation complète autour de A, tandis que, z étant intérieur, l'argument du second facteur augmente de 2π. On a donc

$$\int_A \frac{d\alpha}{(y-\alpha)^{2-m}(\alpha - z)^m} = \frac{1}{1-m} \frac{y^{m-1}(-z)^{1-m}(e^{-2\pi i m}-1)}{y-z} ;$$

il faut rappeler ici que l'argument de γ s'annule au moment où ce point traverse l'axe des x en remontant, tandis que l'argu-

ment de $(-z)$ est déterminé par la règle générale concernant $(\alpha-z)$ lorsqu'on applique cette règle au moment où le point α quitte l'origine pour commencer sa circulation.

Portons la valeur précédente dans l'intégrale (8), elle devient

$$\begin{aligned}\int_A \frac{\varphi(\alpha)d\alpha}{(\alpha - z)^m} &= \frac{(-z)^{1-m}(1 - e^{-2\pi i m})}{4\pi \sin m\pi} \int_A \frac{f(y)y^{m-1}}{y - z}\, dy \\ &= \frac{i(1 - e^{-2\pi i m})}{2 \sin m\pi} (-z)^{1-m} z^{m-1} f(z) \;.\end{aligned} \tag{9}$$

Mais d'après les règles concernant l'argument de la différence $(\alpha-z)$, si on désigne par ρ et θ le module et l'argument de z, on a

$$z = \rho e^{\theta i} \quad , \quad -z = \rho e^{(\theta-\pi)i} \quad , \quad z^{m-1}(-z)^{1-m} = -e^{m\pi i} \;;$$

par suite le second membre de (9) se réduit à $f(z)$ et l'on a bien

$$\int_A \frac{\varphi(\alpha)d\alpha}{(\alpha - z)^m} = f(z) \;.$$

Il importe d'insister sur le fait que la seule condition à vérifier par l'exposant pour l'exactitude de la solution (7) est que m dépasse q; cette donnée q est elle-même arbitraire sans qu'elle puisse cependant être supérieure à l'unité. Toutefois l'affirmation précédente est un peu trop absolue ; une exception doit être mentionnée, qui provient de la présence dans (7) du coefficient numérique

$$\frac{m-1}{\sin m\pi} \;.$$

Quand $m = 1$, ce facteur est fini et rien n'est à modifier dans les conclusions ; ce cas, étant immédiat, constitue même une bonne vérification du résultat ; on a en effet

$$\varphi(z) = -\frac{1}{4\pi^2} 2\pi i f(z) = -\frac{if(z)}{2\pi} \;,$$

valeur qui satisfait (5) quand $m = 1$.

Si m est un entier plus grand que l'unité, le facteur numérique devient infini, mais l'intégrale qui le multiplie tend vers

zéro, et en cherchant la limite de la solution (7), on trouve aisément

$$\varphi(z) = (-1)^m \frac{(m-1)}{4\pi^2} \int \frac{f(\alpha) \log (\alpha - z)}{(\alpha - z)^{2-m}} d\alpha \ ,$$

fonction qui vérifie effectivement (5), comme il est facile de le reconnaître.

Si enfin m est un entier nul ou négatif, le coefficient reste infini et l'intégrale finie, le résultat est illusoire : c'est l'exception dont il s'agit.

Il reste en dernier lieu à s'assurer si la solution (7) est la seule qu'admette notre équation (5). A cet égard, il est bien clair que rien ne prouve que (5) ne puisse admettre des solutions non-analytiques, même en nombre infini. Aussi ne parle-t-on ici que des seules solutions holomorphes dans (A) et intégrables en O.

Supposons donc qu'on possède en dehors de (7), une autre solution $\lambda(z)$; la différence $\psi(z) = \varphi(z) - \lambda(z)$ vérifierait

$$\int_{(A)} \frac{\psi(\alpha) d\alpha}{(\alpha - z)^m} = 0 \ , \qquad (10)$$

comme aussi toute solution de (10), non identiquement nulle, donnerait pour (5), un faisceau $\varphi(z) + c\psi(z)$ de solutions avec un paramètre constant.

Or, au sujet de (10), il y a deux cas à distinguer. Si m est plus grand que l'unité et que p soit, par exemple, le plus grand entier contenu dans m, en intégrant p fois, on aurait

$$\int_{A} \frac{\psi(\alpha) d\alpha}{(\alpha - z)^{m-p}} = c_0 + c_1 z + \ldots + c_{p-1} z^{p-1} \ ,$$

équation qui admet toujours des solutions $\psi(z)$, différentes de 0, si les constantes c ne sont pas toutes nulles. Dans ce cas, on voit que (5) s'intègre d'une foule de manières différentes ; la solution (7) a été choisie, un peu au hasard, dans l'ensemble de ces solutions conjuguées.

Supposons au contraire m inférieur à 1, et d'ailleurs positif ou négatif ; dans ce cas (10) n'admet pas d'autre solution,

holomorphe dans A, que $\psi(\alpha) = 0$. En effet, prenons z réel, puis ramenons le contour au lacet Oz : sur le bord inférieur du lacet on a

$$(\alpha - z) = |\alpha - z| e^{-\pi i} \quad , \text{ et } \quad (\alpha - z) = |\alpha - z| e^{\pi i}$$

sur le bord supérieur. L'intégrale (10) se réduit donc à l'équation réelle d'Abel, ou

$$\int_0^z \frac{\psi(\alpha)d\alpha}{(z - \alpha)^m} = 0 \quad , \quad m < 1 \quad ;$$

celle-ci, comme on sait, n'admet pas d'autre solution que $\psi(\alpha) = 0$. C'est-à-dire que l'équation intégrale (5) n'admet point d'autre solution analytique que celle donnée par la formule (7).[1]

§ 5. Reprenons maintenant notre problème général du § 1. Pour le résoudre, remplaçons la fonction analytique $f(z, t)$ par l'intégrale complexe

$$f(z, t) = \int_A \frac{\varphi(\alpha, t)}{(\alpha - z)^m} d\alpha \quad , \tag{11}$$

la courbe A est tracée dans le domaine S autour des points O et 1 comme l'indique la figure de la page 305, et m représente un nombre quelconque supérieur à q. La fonction $\varphi(\alpha, t)$ existe toujours, elle est donnée par la formule (7), et nous savons qu'elle est holomorphe en z, t et présente, au point $z = 0$, une singularité algébrique du type $\frac{1}{z^{q-m+1}}$. C'est tout ce que nous avons besoin de retenir pour la suite.

Si dans l'équation (1) nous substituons la valeur (11), il vient

$$F(t) = \int_A \int_0^1 \frac{\varphi(\alpha, t) d\alpha dz}{(1 - x_1 z)^{a_1} \ldots (1 - x_p z)^{a_p} (\alpha - z)^m} \; .$$

[1] On raisonne ici dans le cas où m est fractionnaire. Le cas d'un exposant entier donne lieu aux mêmes distinctions, il est d'ailleurs immédiat.

Mais la courbe A n'a pas de rebroussement à l'origine et l'intégrale relative à z est calculée suivant l'axe réel ; les deux courbes d'intégration ne sont donc pas tangentes et l'ordre des intégrations peut être interverti pourvu que $(q - m + 1) + m$ soit plus petit que 2, et ceci a lieu puisqu'on a supposé $q < 1$. On a donc

$$F(t) = \int_A \varphi(\alpha, t) d\alpha \int_0^1 \frac{dz}{(1 - x_1 z)^{a_1} \dots (1 - x_p z)^{a_p} (\alpha - z)^m},$$

et l'on voit que, par notre transformation, l'influence du facteur $f(z, t)$ se trouve en quelque sorte éliminée. Le problème du développement suivant les puissances de t se pose exclusivement sur l'élément

$$\int_0^1 \frac{dz}{(1 - x_1 z)^{a_1}(1 - x_2 z)^{a_2} \dots (1 - x_p z)^{a_p}(\alpha - z)^m}, \qquad (12)$$

qui joue ici le rôle de noyau.

En outre, comme on connaît seulement une limite inférieure de l'exposant m, nous le déterminerons par la condition que la somme $s = a_1 + a_2 + \dots + a_p + m$ soit égale à un entier positif au moins égal à 2 ; il est clair que cette condition est toujours compatible avec la précédente $m > q$. Enfin, le cas où la dite somme surpasserait 2 se réduit à celui où $s = 2$, en vertu de l'égalité évidente

$$\int_0^1 \frac{h(z) dz}{(\alpha - z)^m} = c \frac{d^{s-2}}{d\alpha^{s-2}} \int_0^1 \frac{h(z) dz}{(\alpha - z)^{m-s+2}},$$

où c représente une certaine constante.

En résumé, le seul cas à envisager, où vient se condenser la difficulté du problème, est celui de l'intégrale (12) avec $s = 2$. Examinons ce cas et substituons à la variable z une nouvelle variable v liée à la précédente par l'équation symétrique

$$z = \frac{1 - v}{1 - v x_1} \qquad v = \frac{1 - z}{1 - z x_1};$$

l'intégrale (12) devient

$$P \int_L \frac{dy}{(1 - y_1 v)^m (1 - y_2 v)^{a_2} \dots (1 - y_p v)^{a_p}}, \qquad (13)$$

dans laquelle la signification des lettres est la suivante

$$\frac{1}{y_1} = \frac{1-\alpha}{1-x_1\alpha}\ ,\quad y_1 = \frac{\alpha x_1 - 1}{\alpha - 1}\ ,\quad 1 - y_1 = \frac{\alpha(1-x_1)}{\alpha - 1}\ , \tag{14}$$

puis, pour $i > 1$,

$$\frac{1}{y_i} = \frac{1-\dfrac{1}{x_i}}{1-\dfrac{x_1}{x_i}}\ ,\quad y_i = \frac{x_i - x_1}{x_i - 1}\ ,\quad 1 - y_i = \frac{1-x_1}{1-x_i}\ . \tag{15}$$

On a encore

$$\begin{aligned} P &= -\frac{(1-y_1)^m(1-y_2)^{a_2}\dots(1-y_p)^{a_p}}{\alpha^m(1-x_1)} \\ &= -\frac{(1-x_1)^{1-a_1}(1-x_2)^{-a_2}\dots(1-x_p)^{-a_p}}{(\alpha-1)^m}\ . \end{aligned}$$

A l'égard de la forme (13) et des quantités y, il importe de remarquer que quand t s'approche de zéro, y_1 a l'unité pour limite; si, d'autre part, tous les $1-x_i$ sont des infiniment petits du même ordre, les formules (15) montrent que les quantités $y_2, \dots y_p$ ont pour limites des valeurs finies et différentes de l'unité. Il résulte de là que, dans ce cas, la différentielle à intégrer ne possède plus qu'un seul facteur singulier correspondant aux hypothèses $v = 1$ et $t = 0$, à savoir y_1. Le produit de tous les autres facteurs

$$(1 - y_1 v)^{-a_1} \dots (1 - y_p v)^{-a_p}$$

est holomorphe en t et développable dans tout le champ d'intégration, limites comprises. On est ainsi ramené au cas traité au § 1.

Les choses sont un peu plus compliquées si, parmi les quantités $1-x_i$ il en est d'ordre différent. La quantité y_1 tend toujours vers l'unité; supposons qu'on ait choisi pour $1-x_1$ parmi les infiniment petits $1-x_1$, $1-x_2$, ... $1-x_p$, l'un des infiniment petits d'ordre minimum ; alors, d'après (15), il arrive que toutes les quantités y_i qui ne sont pas finies et différentes de l'unité augmentent à l'infini quand t s'approche de sa limite.

Pour reproduire dans (13) des singularités de même nature que celles considérées jusqu'ici, prenons à volonté sur la ligne d'intégration un point ω et partageons l'intégrale $\int_L$ en deux autres ainsi

$$\int_0^\omega + \int_\omega^1 .$$

Dans la première, remplaçons v par $\omega\,(1-v)$, dans la seconde remplaçons de même v par $\omega+(1-\omega)\,v$, nos deux intégrales deviennent

$$\int_0^1 \frac{dv}{(1-z_1 v)^m \ldots (1-z_p v)^{a_p}}$$

et (16)

$$\int_0^1 \frac{dv}{(1-u_1 v)^m \ldots (1-u_p v)^{a_p}} ,$$

avec

$$z_i = \frac{y_i\omega}{y_i\omega - 1} \qquad \text{et} \qquad u_i = \frac{y_i(1-\omega)}{1-\omega y_i} \qquad (i = 1, \ldots p) .$$

On voit par là que z_1 tend vers une quantité finie $\frac{\omega}{\omega-1}$, différente de l'unité, et qu'il en est de même pour tous les indices tels que $\lim y_i$ ne soit pas égal à ∞ ; on aura au contraire $\lim z_i = 1$, si $\lim y_i = \infty$. La première intégrale (16) est donc du type (13) avec un nombre de facteurs singuliers moindre que p. On montre de la même manière que la seconde intégrale (16) ne possède plus qu'un seul facteur singulier.

Notre discussion établit donc que le nombre des facteurs singuliers de l'intégrale peut toujours être abaissé. Si on prend la formule (13), ou

$$\int_L \frac{dv}{(1-y_1 v)^m \ldots (1-y_p v)^{a_p}} ,$$

le produit des facteurs holomorphes tels que $(1-y_i v)^{-a_i}$ peut y être assimilé à la fonction $f(z, t)$ de la formule (1). On peut

donc, en reprenant la même méthode, continuer de réduction en réduction jusqu'à ce que l'intégrale finale ne contienne plus qu'un seul facteur singulier. Arrivé là, il suffira d'appliquer les formules (3) et (4) pour dégager les singularités de l'intégrale (1) et, plus généralement, établir les développements de F(t) autour du point critique $t=0$. Il est presque évident que ces singularités seront toujours des types algébrique ou logarithmique et la chose résulte des détails d'application de la méthode sur lesquels je ne veux pas insister ici.

Il importe encore de remarquer que la ligne d'intégration L part de 0 pour aboutir à 1, mais qu'elle ne coïncide pas nécessairement avec le segment rectiligne qui passe par ces points. En réalité, dans la transformation

$$v = \frac{1-z}{1-x_1 z}$$

z est réel, donc v décrit un cercle passant aux points $v=0, 1, \frac{1}{x}$, du plan (v). La ligne L est l'arc de cercle unissant 0 et 1 et qui ne contient pas le point $\frac{1}{x}$; si, entre cet arc et la corde, ne sont compris aucun des points tels que $\frac{1}{y_i}$ la ligne L pourra se remplacer simplement par le segment rectiligne 01. Cette circonstance aura lieu toujours quand les x_i sont réels; car ils sont alors inférieurs à l'unité et la formule

$$1 - y_i = \frac{1-x_1}{1-x_i}$$

fait voir que y_i est aussi inférieur à 1, c'est-à-dire $\frac{1}{y_i}$ positif et plus grand que 1, ou encore négatif quelconque.

§ 6. Prenons, comme exemple d'application de cette méthode, l'intégrale

$$F(x) = \int_0^1 \frac{f(z)dz}{(1-z)^a(1-xz)^b}, \qquad (17)$$

dans laquelle on a $a < 1$, $a+b=1$, et où $1-x$ joue le rôle

de t. Nous avons à résoudre ici l'équation d'Abel avec $m = 1$, ce qui revient simplement à remplacer $f(z)$ par

$$f(z) = \frac{1}{2\pi i}\int_A \frac{f(\alpha)d\alpha}{\alpha - z} .$$

On a donc

$$F(x) = \frac{1}{2\pi i}\int_0^1\int_{(A)} \frac{f(\alpha)dzd\alpha}{(\alpha - z)(1 - z)^a(1 - xz)^b} ,$$

formule qui se transforme par la substitution

$$z = \frac{1 - v}{1 - xv}$$

en

$$F(x) = \frac{1}{2\pi i}\int_A \frac{f(\alpha)d\alpha}{\alpha - 1}\int_0^1 \frac{dz}{z^a(1 - x'z)} , \tag{18}$$

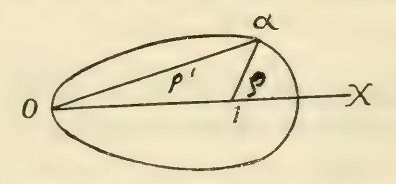
après avoir posé

$$x' = 1 - \frac{\alpha}{\alpha - 1}u \qquad \text{et} \qquad u = 1 - x .$$

Remarquons que, pour que l'argument de la fonction x' soit bien déterminé, il suffit que

$$\left|\frac{\alpha u}{\alpha - 1}\right| < 1 ,$$

quelle que soit la position du point α sur la courbe A qui limite le domaine où $f(z)$ est holomorphe. Or, il suffit pour cela qu'on



ait $|u| < \frac{\rho}{\rho'}$, où ρ représente le minimum du module de la quantité $(\alpha - 1)$ et ρ' le maximum de celui de α. La limite de u étant ainsi fixée, nous aurons

$$\log(1 - x') = \log u + \log\frac{\alpha}{\alpha - 1} ; \tag{19}$$

et le second membre est complètement défini, d'abord par la convention que les arguments de α et de $(\alpha-1)$ s'annulent quand le point α traverse l'axe des x à droite du point 1, ensuite par cette autre clause que le log u est réel et négatif quand u est égal à une très petite quantité positive, la portion négative de l'axe des u fonctionnant comme une coupure du dit logarithme.

Prenons, dans la formule (18), l'intégrale

$$\int_0^1 \frac{dz}{(1-x'z)z^a}$$

pour lui appliquer la transformation (4), il vient

$$\begin{aligned}\int_0^1 \frac{dz}{(1-x'z)z^a} = &- x'^{a-1}\log(1-x') \\ &+ \int_0^1 \frac{1-x'^a z^a}{1-x'z}\frac{dz}{z^a}\ ;\end{aligned} \tag{20}$$

remplaçons ici x' par sa valeur

$$1 - \frac{\alpha}{\alpha-1}u\ ,$$

log $(1-x')$ par la formule (19) ; on voit (20) se partager dans la somme de trois termes, ainsi

$$\left.\begin{aligned}F(x) = &-\frac{\log u}{2\pi i}\int \frac{f(\ )d\alpha}{\alpha-1}\left(1-\frac{\alpha u}{\alpha-1}\right)^{a-1} \\ &-\frac{1}{2\pi i}\int\frac{f(\alpha)d\alpha}{\alpha-1}\log\frac{\alpha}{\alpha-1}\left(1-\frac{\alpha u}{\alpha-1}\right)^{a-1} \\ &+\frac{1}{2\pi i}\int\frac{f(\alpha)d\alpha}{\alpha-1}\int_0^1\frac{1-x'^a z^a}{1-x'z}\frac{dz}{z^a}\ .\end{aligned}\right\} \tag{21}$$

Le problème se réduit au développement, suivant les puissances de $u = 1 - x$, des trois intégrales régulières qui figurent au second membre. Pour être complets, donnons quelques détails sur ces développements.

En remplaçant

$$\left(1 - \frac{\alpha u}{\alpha - 1}\right)^{a-1}$$

par la série

$$\sum_n^{0.\infty} (-1)^n \frac{\alpha^n}{(\alpha - 1)^n} u^n \binom{a-1}{n} ,$$

le terme en log u deviendra

$$\frac{1}{2\pi i} \sum_n^{0.\infty} (-1)^u \binom{a-1}{n} u^n \int_A \frac{f(\alpha)\alpha^n}{(\alpha - 1)^{n+1}} d\alpha ,$$

ou encore

$$\sum_n^{0.\infty} (-1)^n \binom{a-1}{n} \frac{u^n}{n!} D^n(\alpha^n f(\alpha)) = \sum_n^{0.\infty} \binom{a-1}{n} \frac{u^n}{n!} D^n \left(\frac{1}{\alpha} f\left(\frac{1}{\alpha}\right)\right) ,$$

formule dans laquelle α doit être remplacé par 1 après les dérivations.

Passons à la seconde intégrale de la formule (21); il faut, pour la développer, connaître la valeur de

$$b_n = \frac{1}{2\pi i} \int \frac{f(x)\alpha^n}{(\alpha - x)^{n+1}} \log \frac{\alpha}{\alpha - x} d\alpha . \quad (22)$$

En supposant dans celle-ci $x = 1$, le développement cherché est

$$- \sum (-1)^n \binom{a-1}{n} b_n u^n . \quad (23)$$

Prenons donc, en généralisant quelque peu,

$$b_0 = \frac{1}{2\pi i} \int_A \frac{f(\alpha)}{\alpha - x} \log \frac{\alpha}{\alpha - z} d\alpha ,$$

les points x et z étant tous deux compris dans le contour A. On a à l'instant

$$\frac{\partial b_0}{\partial z} = \frac{1}{2\pi i} \int \frac{f(\alpha) d\alpha}{(\alpha - x)(\alpha - z)} = \frac{f(x) - f(z)}{x - z} .$$

Faisons donc $x = z$, pour revenir à la définition primitive de b_0, on aura

$$b_0 = \int_0^x \frac{f(x) - f(z)}{x - z}\, dz \quad .$$

Dérivons maintenant b_n;

$$\frac{db_n}{dx} = \frac{(n+1)}{2\pi i} \int \frac{f(\alpha)\alpha^n}{(\alpha - x)^{n+2}} \log \frac{\alpha}{\alpha - x}\, d\alpha$$

$$+ \frac{1}{2\pi i} \int \frac{f(\alpha)\alpha^n}{(\alpha - x)^{n+2}}\, d\alpha \quad ;$$

remplaçons

$$\frac{1}{2\pi i} \int \frac{f(\alpha)\alpha^n}{(\alpha - x)^{n+2}} \log \frac{\alpha}{\alpha - x}\, d\alpha = \frac{1}{x}\,(b_{n+1} - b_n) \quad ,$$

et

$$\frac{1}{2\pi i} \int \frac{f(\alpha)\alpha^n}{(\alpha - x)^{n+2}}\, d\alpha = \frac{1}{(n+1)!} \frac{d^{n+1}}{dx^{n+1}} \left(f(x)x^n\right) \quad .$$

On trouve en définitive la relation

$$(n+1)x^n b_{n+1} = \frac{d}{dx}\left(x^{n+1}b_n\right) - \frac{x^{n+1}}{(n+1)!} \frac{d^{n+1}}{dx^{n+1}} \left(x^n f(x)\right) \quad ,$$

laquelle servira à trouver les coefficients b_1, b_2, ... de proche en proche. Avant d'en porter les valeurs dans la série (23), il faudra remplacer x par 1.

Prenons, en dernier lieu, la troisième intégrale de la formule (21) pour la développer suivant les puissances de u. Considérons d'abord

$$\int_0^1 \frac{1 - (1-u)^a z^a}{1 - (1-u)z} \frac{dz}{z^a} = \int_0^1 \frac{z^{-a} - x^a}{1 - xz}\, dz \quad ,$$

à laquelle la nôtre se réduit quand $\alpha = \infty$. Appliquons derechef la formule de réduction (4); le terme logarithmique tombe, car ici

$$x = t \qquad , \text{ et } \qquad f\left(\frac{1}{1-u}, t\right) = (1-u)^a - x^a = 0 \quad .$$

De plus

$$f\left(\frac{y}{1-u}, t\right) = x^a(y^{-a} - 1) \quad ,$$

$$f\left(1 + \frac{uy}{1-u}, t\right) = x^a[(1 - u + uy)^{-a} - 1] \quad ,$$

donc

$$\int_0^1 \frac{1 - (1-u)^a z^a}{1 - (1-u)z} \frac{dz}{z^a}$$

$$= (1-u)^{a-1} \int_0^1 \frac{y^{-a} - (1 - u + uy)^{-a}}{1-y} dy \quad ,$$

résultat qui prend encore la forme

$$(1-u)^{a-1} \int_0^1 \frac{(1-y)^{-a} - 1}{y} dy$$

$$- (1-u)^{a-1} \int_0^u \frac{(1-y)^{-a} - 1}{y} dy \quad .$$

C'est cette expression qu'il faut développer suivant les puissances de u. Or on a

$$C = \int_0^1 \frac{(1-y)^{-a} - 1}{y} dy$$

$$= \frac{a}{1} + \frac{a(a+1)}{1.2} \frac{1}{2} + \frac{a(a+1)(a+2)}{1.2.3} \frac{1}{3} + \dots \;;$$

posons

$$z = (1-u)^{a-1} \int_0^u \frac{1 - (1-y)^{-a}}{y} dy \quad ,$$

on aura

$$\frac{d}{du} \frac{z}{(1-u)^{a-1}} = \frac{1 - (1-u)^{-a}}{u} \quad ,$$

ou

$$(1-u) \frac{dz}{du} + (a-1)z = \frac{(1-u)^a - 1}{u} \quad .$$

Intégrons la dernière équation ; en faisant

$$z = \sum_n^{0.\infty} a_n u^n \quad , \quad \frac{(1-u)^a - 1}{u} = \sum_n^{0.\infty} (-1)^{n+1} \binom{n+1}{a} u_n \quad ,$$

on trouve la récurrence

$$a_0 = 0 \quad ,$$

$$(n+1)a_{n+1} = (n-a+1)a_n + (-1^{n+1}\binom{a}{n+1} \quad . \tag{24}$$

Ainsi donc si l'on écrit

$$\int_0^1 \frac{1-(1-u)^a z^a}{1-(1-u)z} \frac{dz}{z^a} \tag{25}$$

$$= c_0 + c_1 u + c_2 u^2 + \ldots = C(1-u)^{a-1} + z \quad ,$$

on a

$$c_0 = C \qquad \text{et} \qquad c_n = a_n + C\frac{(1-a)(2-a)\ldots(n-a)}{1.2.3\ldots n} \quad ,$$

et il est bon de remarquer que c_n vérifie la même récurrence que a_n, à savoir la formule (24). En dernier lieu il faut, dans (25), remplacer u par $\frac{\alpha u}{\alpha - 1}$ et porter la valeur développée dans la troisième intégrale de (21) ; toutes les intégrales en α s'exprimeront visiblement à l'aide des dérivées successives de $f(x)$ calculées au point $x = 1$.

§ 7. Il n'est pas hors de propos de terminer cette note par l'examen d'un cas tout-à-fait concret. Le plus intéressant, à coup sûr, est celui des intégrales hypergéométriques, qu'on peut traiter aisément par cette méthode directe, sans recourir à l'équation différentielle que vérifient ces intégrales. Ce problème étant depuis longtemps classique, je n'étudierai ici qu'un seul cas, plus particulier encore, celui de l'intégrale elliptique complète

$$X = \int_0^1 \frac{dz}{\sqrt{z(1-z)(1-xz)}} \quad ,$$

qui rentre dans l'intégrale (17) quand on fait

$$a = b = \frac{1}{2} \;, \quad f(z) = z^{-\frac{1}{2}} \;.$$

D'après la formule (21) X apparaît sous la forme d'une somme de trois termes qui sont respectivement

$$\begin{aligned} & -\frac{\log u}{2\pi i}\int \frac{d\alpha}{\sqrt{\alpha}(\alpha-1)}\left(1-\frac{\alpha u}{\alpha-1}\right)^{-\frac{1}{2}} \;, \\ & -\frac{1}{2\pi i}\int \frac{d\alpha}{\sqrt{\alpha}(\alpha-1)}\left(1-\frac{\alpha u}{\alpha-1}\right)^{-\frac{1}{2}} \log\frac{\alpha}{\alpha-1} \;, \end{aligned} \tag{26}$$

et

$$\frac{1}{2\pi i}\int \frac{d\alpha}{\sqrt{\alpha}(\alpha-1)}\int_0^1 \frac{1-\sqrt{x'z}}{1-x'z}\frac{dz}{\sqrt{z}} \;, \tag{27}$$

cette dernière s'écrivant encore

$$\frac{1}{\pi i}\int \frac{d\alpha}{\sqrt{\alpha}(\alpha-1)} \log\frac{\left(1+\sqrt{1-\frac{\alpha u}{\alpha-1}}\right)}{\sqrt{1-\frac{\alpha u}{\alpha-1}}} \;. \tag{28}$$

Pour calculer ces diverses intégrales, nous n'emploierons pas les relations développées au § précédent, mais nous procéderons d'une manière directe. Partons à cet effet de l'intégrale

$$\frac{1}{2\pi i}\int \frac{\alpha^{n-\frac{1}{2}}}{(\alpha-1)^{n+1}}\,d\alpha = \frac{1}{\sqrt{\pi}}\frac{\Gamma\left(n+\frac{1}{2}\right)}{\Gamma(n+1)} = \frac{(2n)!}{2^{2n}(n!)^2} \;,$$

qui se démontre sans aucune difficulté. En la dérivant par rapport à n, ce qui introduit la fonction de Gauss

$$\psi(n) = \frac{1}{n!}\frac{d}{dn}(n!) \;,$$

on tire

$$\begin{aligned} & \frac{1}{2\pi i}\int \frac{\alpha^{n-\frac{1}{2}}}{(\alpha-1)^{n+1}} \log\frac{\alpha}{\alpha-1}\,d\alpha \\ & = \frac{(2n)!}{2^{2n}(n!)^2}\left[2\psi(2n) - 2\psi(n) - \log 4\right] \;. \end{aligned}$$

Si n est entier et positif, on peut, dans ce résultat, remplacer

$$\frac{(2n)!}{2^{2n}(n!)^2} = \frac{1.3.5 \dots (2n-1)}{2.4.6 \dots 2n} \; ,$$

et

$$\psi(2n) - \psi(n) = \frac{1}{n+1} + \frac{1}{n+2} + \dots \frac{1}{2n} \; .$$

Développons les deux intégrales (26) suivant les puissances de u et appliquons ce qui précède, on a

$$\frac{1}{2\pi i}\int \frac{d\alpha}{\sqrt{\alpha}(\alpha-1)}\left(1 - \frac{\alpha u}{\alpha - 1}\right)^{-\frac{1}{2}} = \sum_{n}^{0.\infty}\left(\frac{1.3 \dots 2n-1}{2.4 \dots 2n}\right)^2 u^n \; ,$$

et

$$\frac{1}{2\pi i}\int \frac{d\alpha}{\sqrt{\alpha}(\alpha-1)}\log\frac{\alpha}{\alpha-1}\left(1 - \frac{\alpha u}{\alpha-1}\right)^{a-1}$$

$$= -\log 4 \sum_{n}^{0.\infty}\left(\frac{1.3 \dots 2n-1}{2.4 \dots 2n}\right)^2 u^n \qquad (29)$$

$$+ 2\sum\left(\frac{1.3 \dots 2n-1}{2.4 \dots 2n}\right)^2\left(\frac{1}{n+1} + \frac{1}{n+2} + \dots + \frac{1}{2n}\right)u^n \; .$$

Le calcul de (27) est un peu plus pénible. Partons de la relation connue

$$\frac{(1+\sqrt{1-x})^m}{\sqrt{1-x}} = 2^m F\left(1 - \frac{m}{2}, \frac{1}{2} - \frac{m}{2}, 1-m, x\right) \; ; \qquad (30)$$

le terme du degré n, dans F, a pour coefficient

$$\frac{\left(1-\frac{m}{2}\right)\left(2-\frac{m}{2}\right)\dots\left(n-\frac{m}{2}\right)\left(\frac{1}{2}-\frac{m}{2}\right)\left(\frac{3}{2}-\frac{m}{2}\right)\dots\left(n-\frac{1}{2}-\frac{m}{2}\right)}{(1-m)(2-m)\dots(n-m)n!}$$

soit, réductions faites,

$$\frac{(n-m+1)(n-m+2)\dots(2n-m)}{2^{2n}n!}x^n \; .$$

La dérivée de ce terme par rapport à la variable m, est donc

$$-\frac{x^n}{2^{2n}}\frac{(n+1)(n+2)\dots 2n}{1.2 \dots n}\left(\frac{1}{n+1} + \frac{1}{n+2} + \dots + \frac{1}{2n}\right) \; ;$$

si enfin on dérive la formule (30), par rapport à m, et qu'on fasse $m=0$, il vient

$$\frac{\log\left(1+\sqrt{1-x}\right)}{\sqrt{1-x}} = \frac{\log 2}{\sqrt{1-x}}$$

$$-\sum_{n}^{1.\infty}\left(\frac{1.3\ldots 2n-1}{2.4\ldots 2n}\right)\left(\frac{1}{n+1}+\frac{1}{n+2}+\ldots+\frac{1}{2n}\right)x^n .$$

Remplaçons ici x par la quantité $\frac{\alpha u}{\alpha - 1}$, portons le résultat dans (28) et intégrons; nous avons immédiatement

$$\frac{1}{\pi i}\int \frac{d\alpha}{\sqrt{\lambda}(\alpha-1)}\,\frac{\log\left(1+\sqrt{1-\frac{\alpha u}{\alpha-1}}\right)}{\sqrt{1-\frac{\alpha u}{\alpha-1}}}$$

$$=\log 4\sum_{n}^{0.\infty}\left(\frac{1.3\ldots 2n-1}{2.4\ldots 2n}\right)^2 u^n$$

$$-2\sum_{n}^{1.\infty}\left(\frac{1.3\ldots 2n-1}{2.4\ldots 2n}\right)^2\left(\frac{1}{n+1}+\ldots+\frac{1}{2n}\right)u^n ,$$

résultat qui ne diffère de (29) que par le signe du second membre.

En réunissant les diverses équations qui précèdent, nous obtenons en définitive le développement de X au voisinage de $x=1$, ou $u=1-x=0$; c'est

$$X = -\log\frac{u}{16}\sum_{n}^{0.\infty}\left(\frac{1.3\ldots 2n-1}{2.4\ldots 2n}\right)^2 u^n$$

$$-4\sum_{n}^{1.\infty}\left(\frac{1.3\ldots 2n-1}{2.4\ldots 2n}\right)^2\left(\frac{1}{n+1}+\frac{1}{n+2}+\ldots+\frac{1}{2n}\right)u^n ,$$

valeur conforme à celle que donne l'équation hypergéométrique.

NOUVELLES ÉTUDES

SUR

L'ÉVAPORATION A LA SURFACE DES LACS

ET

SPÉCIALEMENT DES LACS ZURICOIS

PAR

J. MAURER

Quelle est la valeur de l'évaporation à la surface d'un lac? En général celà est très difficile à mesurer, même actuellement. *Forel* s'est exprimé en ces termes : « Malheureusement nous ne savons pas encore quel est le montant de l'évaporation qui a lieu à la surface d'un lac, et la détermination en serait de la plus haute importance pour connaître à fond l'hydrographie d'un pays ».

Sans doute il est impossible de profiter des observations au moyen d'appareils établis sur la terre ferme dans le voisinage du lac, parce que les conditions sont trop différentes de celles du lac, pour qu'elles soient comparables. La méthode actuellement employée consiste en ceci : Un bassin flottant plus ou moins grand, contenant de l'eau, est maintenu loin du rivage. L'évaporation est constatée moyennant une échelle ou en mesurant la perte en poids. Nous citons les belles séries du Grimnitzsee, — obtenues d'après cette méthode, exécutées par l'Institut allemand « für Gewässerkunde » à Berlin, — dans

l'Ukermark (Allemagne du Nord) voir « Meteorologische Zeitschrift, August 1912 ». Ajoutons-y les résultats de J. J. Craig et Keeling[1], obtenus dans 19 stations en Egypte de 1907 à 1911, sur des lacs de l'Egypte septentrionale. Puis les études de R. Türstig[2] à Omdurraman sur le Nil blanc en amont de Kartum (voir W. Halbfass « Neuere Versuche, die Verdunstung von Wasserflächen zu messen, insbesondere von Seen », dans « Gerlands Beiträge zur Geophysik », XII. Band, 3. Heft 1913).

Que l'évaporation dans un petit bassin diffère de celle d'une grande surface d'eau, c'est évident ; un grand lac ne présentant jamais dans toutes ses parties les mêmes profondeur, ventilation, température, humidité de l'air, etc. ; dans un petit bassin il y a plus de contact entre l'eau et le bord que dans un grand lac. Julius Hann, le célèbre météorologiste, il y a longtemps déjà, maintenait que toutes les méthodes employées actuellement fournissent des valeurs trop grandes. Sous ce rapport, les coefficients d'évaporation étudiés sur des marais ou des bassins de petite étendue sont *trop forts* et ne peuvent être appliqués sans une notable réduction à l'ensemble d'un lac de grande superficie. Et ce que dit à ce propos Ch. F. Marvin[3] est bien juste : « The rate of evaporation over a large watersurface is very unequal and the total loss of water can be ascertained only by some sort of summation or integration of the variable amounts ».

En nous basant sur un principe tout différent de celui que nous venons de citer, nous avons (en collaboration avec l'ingénieur H. Mettler, Zurich) étudié l'évaporation totale de deux bassins assez importants, à savoir le lac de Zurich avec 88 km² et le Greifensee avec 8.5 km² de surface, aux niveaux respectifs de 409 m. s. m. et de 437 m. s/m. Pour atteindre ce but il s'est présenté une occasion exceptionnellement favorable, lorsque, de la fin de juillet jusqu'à la mi-septembre 1911, une sécheresse et une chaleur subtropicales évaporaient chaque jour des quan-

[1] *Cairo scientific journal*, mai 1912.

[2] Voir *Meteorol. Zeitschrift*, octobre 1912.

[3] *Monthly weather review* 1909 (avril).

tités énormes d'eau. Ce que nous voulions établir, c'était l'épaisseur moyenne de la nappe d'eau évaporée de jour en jour à la surface des deux lacs.

Ceci posé, nous avons mesuré le plus exactement possible :

1° Le débit des rivières, ruisseaux et sources se déversant dans le lac ;

2° La quantité d'eau qui s'écoule ;

3° La variation du niveau de la surface ;

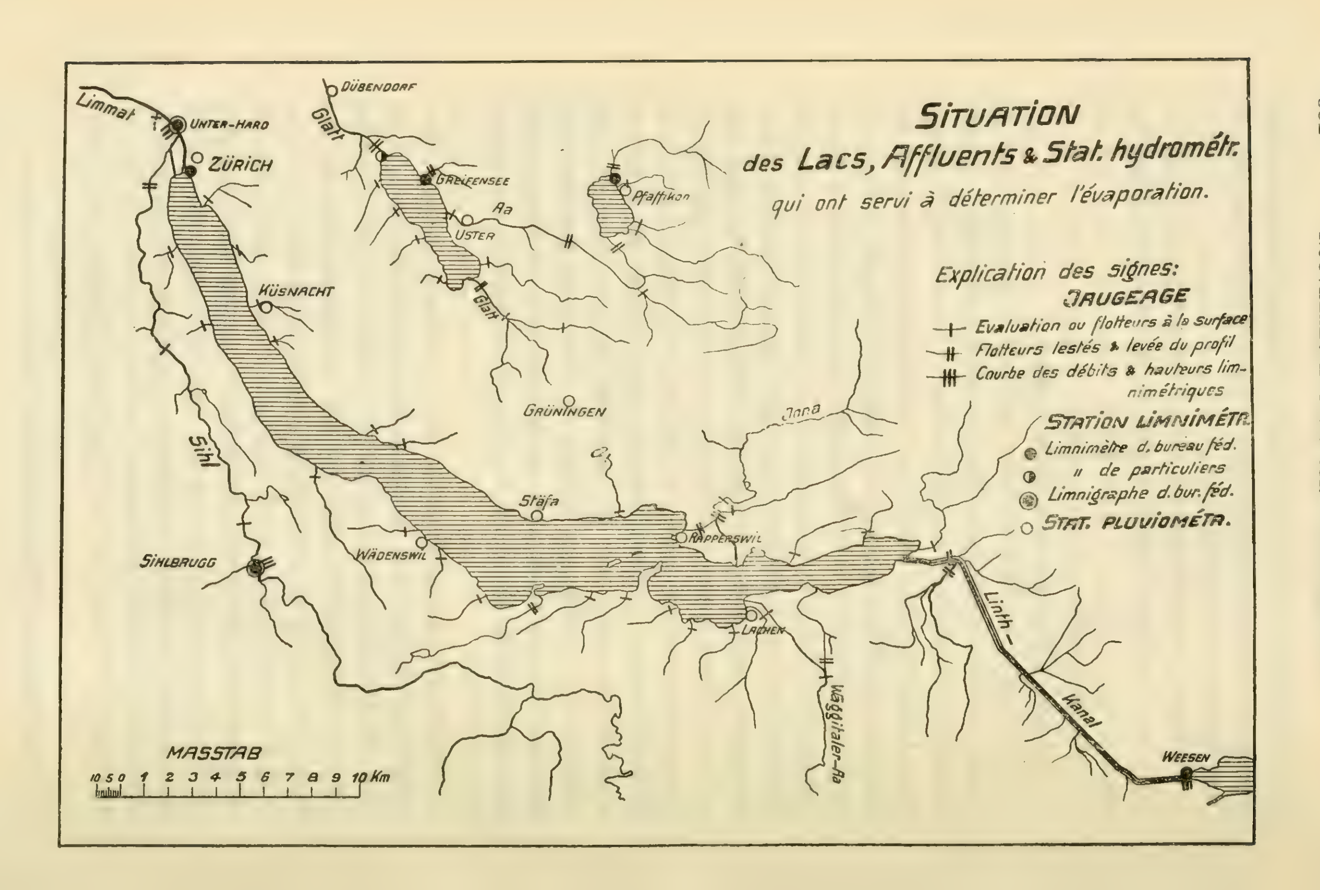
4° La nappe moyenne de pluie haussant le niveau.

Ces quatre données, portées en fonction du temps sur une abscisse graduée par jours, permettaient de calculer l'évaporation. Il fallait, pour obtenir des résultats indiscutables, se servir d'un procédé graphique avec planimétrage [1], et s'abstenir de vouloir déterminer, pour chaque jour, le montant exact de son évaporation, vu qu'il est impossible d'obtenir des lectures aux limnimètres non faussées de quelques millimètres. En outre, pour tenir compte des seiches et autres oscillations, on a consulté les observations limnimétriques de plusieurs stations au lieu d'une seule. Pour ce qui est de la pluie, la lecture de chaque station a reçu un certain poids suivant sa situation, c'est-à-dire sa distance au centre du lac. Par exemple, une lecture tout près du centre a plus de chance de représenter la hauteur moyenne de la pluie tombée sur le lac qu'une lecture prise très loin de là, ce qui donne un poids plus fort en faveur de la première.

Les observations limnimétriques et pluviométriques se font tous les jours par les précieux services hydrométriques et les données météorologiques suisses. On n'avait donc qu'à consulter les bulletins mensuels des postes d'observation, de sorte que les alinéas 3° et 4° ne présentaient aucune difficulté.

Il n'en était pas de même de 1° et 2°, où un grand nombre de jaugeages s'imposaient, ces derniers comprenant des relevés de la section et de la vitesse de l'eau. Pour les ruisseaux de faible débit, une évaluation sommaire suffisait, mais les rivières telles que la Linth, les canaux latéraux, la Jona, la Wäggitaleraa, la Limmat et la Sihl d'une part et l'Aabach et la Glatt

[1] Voir « Schweizer. Wasserwirtschaft », IV. Jahrg. n° 8.


Situation
des Lacs, Affluents & Stat. hydromètr.
qui ont servi à déterminer l'évaporation.
Explication des signes:
Jaugeage
Evaluation ou flotteurs à la surface
Flotteurs lestés & levée du profil
Courbe des débits & hauteurs limnimétriques
Station limnimétr.
Limnimètre d. bureau féd.
" de particuliers
Limnigraphe d. bur. féd.
Stat. pluviométr.
Limmat
Unter-Hard
Zürich
Dübendorf
Glatt
Greifensee
Aa
Uster
Pfäffikon
Küsnacht
Glatt
Grüningen
Jona
Sihl
Stäfa
Rapperswil
Wädenswil
Sihlbrugg
Lachen
Linth-Kanal
Wäggitaler-Aa
Weesen
Masstab
10 5 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 Km

d'autre part exigeaient un travail détaillé. Pour la Linth à Weesen, la Limmat à Zurich-Unterhard et la Sihl à Sihlbrugg, des relations entre la hauteur limnimétrique et le débit avaient été établies par le service hydrographique suisse. La nécessité de faire autour d'un lac tous les jaugeages dans le moins de temps possible et en restreignant les frais, engagea M. Mettler à exécuter les jaugeages à lui seul à l'aide d'une bicyclette et d'instruments aisément transportables. Des ponts de route sans piliers, où l'eau s'écoule librement, s'y prêtaient avantageusement.

D'ailleurs il fallait tenir compte des variations de débit brusques et importantes, dues à la fermeture et à la réouverture des barrages, chose très naturelle durant une période de pénurie d'eau, où, pendant la nuit et les jours fériés, on retient dans les lacs la plus grande quantité d'eau permise. Pour connaître ces variations, des renseignements nombreux et répétés furent donc recueillis auprès du personnel des usines hydrauliques.

A part quelques jours de pluie, les lacs ont débité plus d'eau qu'ils n'en ont reçu. L'abaissement du niveau résultait en majeure partie de cette différence entre sortie et entrée ; le reste est l'effet de l'évaporation. Supposons un barrage à la sortie du lac et fermons-le entièrement. Si, par exemple, le lac de Zurich reçoit par seconde 1 m^3, son niveau montera par jour de 0.98 à 1.00 mm., tandis que le Greifensee aura une hausse de 9.5 à 11.0 mm., suivant la surface, variable avec le niveau. Se basant sur ces relations, la formule finale devient :

Evaporation = abaissement observé + pluie — abaissement dû à la plus-value du débit sortant, le tout exprimé en millimètres.

Les notions exposées ci-dessus n'ont cependant rien de complet et ne peuvent guère donner qu'une idée très générale de la marche des études. Des recherches analogues, p. ex., aux lacs de Neuchâtel et de Bienne, mettraient en évidence les difficultés que présentent observation et calcul pour ceux qui voudraient bien s'y attaquer.

Passons aux résultats.

Nous avons trouvé :

DATE	GREIFENSEE		ZURICHSEE	
	Evapor. moy. par jour	Température du lac	Evapor. moy. par jour	Température du lac
	mm.	°	mm.	°
Du 31 juill. au 5 août ..	5.6	26.0	5.3	26.5
» 6 août » 10 » ..	5.4	25.0	5.5	25.4
» 11 » » 15 » ..	5 2	24.5	4.8	24 9
» 16 » » 20 » ..	4.7	24.0	4.6	23.9
» 21 » » 25 » ..	4.3	24.0	3.8	23.8
» 26 » » 30 » ..	3 5	23.0	4.0	23.7
» 31 » » 4 sept. ..	3.4	23.5	3.7	23.3
» 5 sept. » 9 » ..	4 5	24.5	4.0	24.7
» 10 » » 14 » ..	3.6	24.0	3.0	23.8
» 15 » » 20 » ..	0.9	21.0	1.7	20.9

L'évaporation totale du mois d'août atteint pour le Greifensee 145 mm., soit 4.7 mm. par jour, et pour le lac de Zurich 143 mm., soit 4.6 mm. par jour. Du 1er au 15 septembre, période encore sèche et chaude, les montants respectifs sont de 57 mm. et 52 mm. En y ajoutant la 2me moitié de juillet avec environ 90 mm. d'évaporation, on parvient, *du 16 juillet au 15 septembre*, c.-à-d. pendant la période la plus chaude et la plus sèche de l'été 1911, à un montant de *300 mm. d'évaporation* pour chacun des deux lacs, ce qui équivaut à peu près à la moyenne multi-annuelle de la pluie.

Malheureusement il n'est pas possible, d'après notre méthode hydrométrique, de mesurer les sources sous-lacustres qui auraient été un élément de perturbation ; par conséquent la valeur effective d'évaporation est encore un peu plus grande. Mais en supposant que le lac de Zurich, par exemple, reçoive une quantité de 60 000 litres par minute par les dites sources sous-lacustres — somme qui excède sans doute de beaucoup le vrai montant — l'évaporation totale ne ferait qu'un millimètre de plus par jour.

Vu la chaleur et la sécheresse excessives et la ventilation assez bonne — les stations météorologiques au nord des Alpes accusent un excédent de 3°.9 en août et jusqu'à 5°.0 pour la première moitié de septembre — les valeurs citées plus haut peuvent donc être considérées comme des maxima de l'évaporation de nos lacs.

LA PHOTOMÉTRIE

DE LA

LUMIÈRE POURPRÉE

PAR

P. GRUNER

J'ai continué au printemps 1914 les observations photométriques que j'ai décrites dans les *Archives* (IV pér., t. XXXVII, p. 245), confirmant les résultats de 1913. Depuis le milieu de juin 1914 j'ai employé un nouvel instrument permettant des mesures plus parfaites et surtout plus prolongées que le premier instrument. Un simple photomètre à deux nicols permet de comparer l'intensité de la lumière céleste avec celle d'une petite lampe à incandescence, maintenue à un potentiel constant. L'appareil est monté sur un théodolithe, la lumière incidente est réfléchie par un prisme dans une direction invariable, de sorte que l'observateur peut, sans quitter sa place, observer une partie quelconque du ciel dans le vertical du soleil, noter l'azimuth et la distance zénithale, placer à volonté un écran monochromatique rouge (λ au-dessus de 650 $\mu\mu$) ou vert (λ entre 520 et 550 $\mu\mu$) dans le faisceau lumineux et déterminer la position du nicol mobile, indiquant l'intensité de ce faisceau. En observant l'heure il est facile de déduire pour chaque mesure la hauteur correspondante du soleil.

Naturellement il a fallu un tâtonnement assez long et pénible avant de trouver le mode d'observation donnant des résultats utiles. Ici aussi l'exactitude des résultats laisse beaucoup à désirer, mais néanmoins ces observations marquent un progrès sensible vis-à-vis des anciennes.

Tout d'abord les mesures ont pu être prolongées sans peine jusqu'au moment ou le soleil se trouve à 5° ou à 6° sous l'horizon (même jusqu'à 7° dans un cas favorable). De cette manière il a pu être constaté que l'intensité absolue de la lumière pourprée (observée dans sa partie la plus claire), diminue d'une manière toute continue avec l'abaissement du soleil, autant dans le rouge que dans le vert.

Puis surtout il a été possible de comparer cette intensité à l'intensité correspondante d'une zone fixe du ciel, par exemple à 45° au-dessus de l'horizon. Ici l'intensité n'a été mesurée que dans le vert, et c'est à cette intensité verte à 45° de distance zénithale que sont rapportées les intensités rouges et vertes de la lumière pourprée. Ces intensités relatives montrent, par contraste avec les intensités absolues, d'abord une augmentation marquée, puis après un maximum plus ou moins distinct, de nouveau une diminution.

Ainsi il ressort clairement que *l'impression visuelle de la lumière pourprée,* augmentant d'abord, diminuant ensuite, *est un effet de contraste entre l'intensité dans la partie pourprée et l'intensité de la zone environnante.* Il est intéressant de constater que les intensités relatives dans le rouge et dans le vert se développent d'une manière assez différente, différente aussi des intensités visuelles. Ce ne sera qu'avec un matériel d'observation plus ample qu'il sera possible d'approfondir ces résultats.

Comme exemple nous mentionnons ici la meilleure série de nos dernières observations (3 septembre 1914).

Hauteur du soleil sous l'horizon	Intensité absolue de la lumière pourprée, dans		Intensité visuelle	Intensité relative de la lumière pourprée, comparée à l'intensité verte à 45°,	
	le rouge	le vert		rouge	vert
– 2°,5	555	—	1,2	1,0	—
– 3°,0	430	1100	1,7	1,5	3,7
– 3°,5	300	585	2,2	2,0	4,0
– 4°,0	200	340	2,1	2,5	4,2
– 4°,5	125	190	1,8	2,7	4,3
– 5°,0	65	92	1,2	2,6	3,7
– 5°,5	28	46	0,4	1,9	3,2
– 6°,0	11	25	—	1,5	3,3 (?)

LA

SYNTHÈSE DES COLORANTS

PAR

E. NOELTING

(Suite et fin [1])

Les premiers travaux scientifiques importants sur les matières colorantes artificielles furent ceux de Hofmann sur la fuchsine et ses dérivés, commencés dès 1862 et poursuivis pendant de longues années. Nous devons au même savant aussi des études intéressantes sur la chrysaniline, la safranine, l'induline, etc.

Lorsque l'éosine, la chrysoïdine et les orangés Poirier parurent dans le commerce, leur nature n'était pas dévoilée par des brevets et leur composition ainsi que leur préparation étaient tenues secrètes. Hofmann les analysa, établit leur constitution et appela par là l'attention de tous les chimistes sur ces nouvelles familles de colorants. Ces publications ont certainement amené de nombreuses découvertes. Nous avons déjà parlé des travaux de Græbe et Liebermann sur l'anthracène, de ceux de Bæyer sur l'indigo, de ceux de Kostanecki sur les flavones. Mentionnons encore les recherches de Rosenstiehl sur les toluidines et les rosanilines isomères, celles de Dœbner sur le vert malachite, les admirables études d'Emile et d'Otto Fischer sur les dérivés triphénylméthaniques, les mémoires de Witt, Nietzki, Bernthsen, Otto Fischer, Hepp, Kehrmann sur les azines et les

[1] Voir *Archives*, 1914, t. XXXVIII, p. 244.

azoniums. Le nombre des travaux intéressants relatifs aux matières colorantes et aux matières premières dont elles dérivent, est extrêmement considérable et, pour être complet, il faudrait citer des centaines de noms et de publications. J'en veux relever pourtant encore trois, parce qu'elles ont eu une influence considérable sur le développement de la chimie des matières colorantes et qu'elles n'ont, depuis la date déjà ancienne de leur publication, rien perdu de leur importance. C'est, en premier lieu, le mémoire de Witt « Relations entre la constitution et les propriétés tinctoriales des composés organiques », paru en 1876 ; c'est ensuite celui de Liebermann et Kostanecki, sur la théorie des colorants à mordants de la série de l'anthraquinone et enfin celui de Kostanecki seul, sur la théorie générale des couleurs à mordants (1887-1889). Les notions de chromophores, chromogènes, auxochromes, créées par Witt, sont toujours encore à la base de toutes les théories de la coloration.

L'industrie des matières colorantes est, ainsi que nous l'avons vu, née en Angleterre et en France. La mauvéine est anglaise, la fuchsine ainsi que les violets et bleus phényliques, les violets et les verts de méthyle, les bleus de diphénylamine sont nés en France, tandis que les violets Hofmann et la chrysaniline reviennent de nouveau à l'Angleterre. Le brun de phénylène, le binitronaphtol, les dérivés diazoïques ont été déécouverts en Angleterre également, par des chimistes Allemands, il est vrai, mais qui étaient occupés dans des usines anglaises.

La première découverte importante faite en Allemagne est celle de l'Alizarine artificielle, en 1868; puis vint celle de l'éosine, en 1874. C'est surtout depuis la loi de 1877, qui unifiait la législation des brevets en Allemagne, en la posant sur des bases nouvelles, brevet de procédé et non de produit, que date l'essor des inventions dans ce pays et le développement prodigieux de son industrie.

Le centre principal de l'industrie des colorants artificiels est donc actuellement l'Allemagne. On y trouve huit fabriques d'une très grande importance, sans compter encore quelques établissements plus petits. Son exportation en matières colorantes artificielles se montait en 1913 à plus de 225 millions de

francs, sans compter 66 millions d'indigo et 45 millions de matières premières. A ceci est à ajouter ce qui se consomme dans le pays même, de sorte que la production totale doit dépasser largement 350 millions. En deuxième lieu vient la Suisse, avec quatre fabriques. Elle a exporté ces dernières années pour 25 millions de francs de colorants divers par an et en 1913, en outre pour près de 4 millions de francs d'indigo.

Tout le monde en Suisse a visité la magnifique exposition collective de l'industrie chimique bâloise. En lisant la très intéressante brochure publiée par les exposants on a pu se rendre compte du nombre considérable et de la haute importance des découvertes qui ont été faites en Suisse dans le domaine des colorants artificiels.

La raison qui a donné à l'Allemagne et à la Suisse le rôle dirigeant dans cette industrie étroitement liée à la science, est facile à comprendre. Nulle part la chimie organique n'a été tenue plus en honneur que dans ces deux pays et nulle part la jeunesse n'a eu l'occasion de trouver aussi facilement une instruction, à la fois théorique et pratique, lui permettant ensuite de faire valoir ses connaissances dans l'industrie. Nulle part non plus les industriels n'ont montré une intelligence, une largeur de vue et un esprit d'entreprise pareils, ne reculant devant aucune dépense, ne considérant aucune difficulté comme insurmontable et n'abandonnant aucune question sans en avoir tiré la quintessence : *Nil actum reputans, dum quid superesset agendum.*

L'Ecole polytechnique fédérale et les universités suisses, par leurs professeurs et leurs élèves, ont exercé dans le passé une influence considérable sur le développement de la chimie des matières colorantes, ainsi que j'ai eu l'occasion de le mentionner à plusieurs reprises. Quant à l'avenir, il n'est pas téméraire d'affirmer que nous pouvons l'envisager avec confiance. L'activité scientifique dans le domaine chimique ne subit en Suisse aucun ralentissement, bien au contraire, elle s'accentue davantage d'année en année. Je n'en veux pour preuve que le nombre considérable de travaux exécutés en Suisse et inventories avec le plus grand soin dans les *Archives des Sciences physiques et naturelles,* grâce à notre collègue Amé Pictet, qui

se voue avec un zèle infatigable à cette tâche ardue, mais éminemment intéressante.

Je n'oublierai pas non plus la marque de haute estime que l'Académie de Stockholm a donnée à notre collègue Alfred Werner, en lui décernant, en 1913, le prix Nobel à la suite des travaux qui l'ont classé, quoique jeune encore, parmi les tout premiers d'entre les chimistes contemporains.

Les autres pays n'ont pas, de loin, une industrie de matières colorantes aussi développée que l'Allemagne et la Suisse. En France il n'existe, en dehors des succursales des fabriques allemandes, qu'un seul établissement important, la Société anonyme des produits chimiques et matières colorantes de Saint-Denis et Paris, anciennement Poirrier et Dalsace, qui pourtant ne dépasse pas en étendue les fabriques moyennes d'Allemagne. Toutefois, si la France, au point de vue industriel, n'occupe pas un rang bien élevé, il est incontestable qu'elle a eu une large part dans les inventions faites dans le domaine des colorants, seulement la semence produite en France n'a souvent donné des fruits qu'en Allemagne et en Suisse.

Nous avons déjà mentionné que la fuchsine et ses dérivés, les violets et bleus phényliques, le vert à l'aldéhyde, le violet méthyle, le bleu de diphénylamine, sont d'origine française et ont été fabriqués en premier lieu en France sur une grande échelle. La naphtazarine, qui est devenue si importante, a été découverte par Roussin dès 1861, mais elle n'a été introduite dans l'industrie en Allemagne qu'en 1887, quand René Bohn, un chimiste alsacien, a eu l'idée de la bisulfiter et de la fixer sur mordant de chrome.

La bisulfitation d'un colorant, la céruléine, a été effectuée en premier lieu en Alsace par Prud'homme, en 1879, et l'emploi des mordants de chrome y a été recommandé tout d'abord, surtout pour coton, par Camille et Horace Kœchlin.

Les travaux fondamentaux sur les couleurs au soufre sont dûs à Croissant et Bretonnière (1873) et à Vidal (1893).

Dans la série anthraquinonique, il y a à mentionner la synthèse de la purpurine au moyen de l'alizarine, par de Lalande (1874), celle de la nitroalizarine (Rosenstiehl 1874) et celle du bleu d'alizarine (Prud'homme 1877).

La préparation des matières colorantes de la garance à l'état de pureté et leur application à l'impression, qui pendant un certain temps, a pris une grande extension, est le corollaire des travaux d'Emile Kopp et de Schuetzenberger. Nous devons encore à ce dernier l'importante découverte des hydrosulfites ; le mérite d'avoir transformé ces corps si précieux en dérivés stables, applicables à l'impression, revient aux coloristes alsaciens de la maison Emile Zuendel, à Moscou.

Le violet soufré, découvert par Lauth, a été le premier représentant des colorants du groupe des thiazines et cet inventeur avait même déjà obtenu un bleu par méthylation de son colorant. Ce ne fut toutefois que Caro qui trouva le procédé industriel de préparation du bleu de méthylène.

Les premiers succès dans le domaine du noir d'aniline sont dûs à des coloristes anglais, en particulier à Lightfoot, mais le développement ultérieur qu'a pris l'emploi de cette couleur provient avant tout des recherches des chimistes alsaciens, Cordillot, Lauth, Prud'homme, Witz et beaucoup d'autres.

Au point de vue scientifique on n'a pas, en France, travaillé autant qu'en Allemagne sur les matières colorantes artificielles, mais on y a produit cependant toute une série de travaux de haute valeur. Il suffira de rappeler les noms de Rosenstiehl, Lauth, Girard et de Laire, Pabst, Grimaux, Lefèvre, Haller, Guyot, Wahl et de bien d'autres encore.

L'Angleterre, depuis longtemps, n'a pas produit grand'chose de remarquable. Il y existe un certain nombre de fabriques importantes, Read Holliday & C°, Levinstein, Clayton Aniline C°, mais elles ne mettent guère de nouveautés marquantes sur le marché. Il est toutefois à noter que Holliday essaya le premier de produire les colorants azoïques sur tissu en 1880, mais ces essais n'eurent pas de succès industriel.

Les débuts de l'industrie des colorants furent, ainsi que nous l'avons déjà mentionné, très brillants en Angleterre. Perkin inaugura, par sa découverte de la mauvéine, l'ère des couleurs artificielles. On lui doit aussi la safranine, la sulfonation de l'anthraquinone (trouvée simultanément par Caro) et de beaux résultats dans l'industrie de l'alizarine artificielle. Il renonça toutefois de bonne heure à l'étude des colorants pour se vouer

uniquement à des travaux de chimie pure. Nicholson découvrit la phosphine et la sulfonation du bleu d'aniline. Calvert et tout particulièrement Lightfoot, furent les pionniers du noir d'aniline. Nicholson fabriqua la fuchsine et ses dérivés sur une grande échelle dès 1860, mais sa fabrique perdit plus tard de son importance. On lui doit aussi la sulfonation des bleus de rosaniline et la découverte de la phosphine.

Hofmann, Caro et Martius, dont les inventions ont été mentionnées ci-dessus, quittèrent l'Angleterre déjà avant 1870 et les réactions trouvées par Griess furent étudiées, au point de vue industriel, plutôt en Allemagne qu'en Angleterre. Après 1870, nous avons encore en Angleterre la découverte de la chrysoïdine et des tropéolines (Witt 1876-77), du bleu Meldola (1879) et enfin, en 1887, celle de la primuline par Green. Depuis ce temps, aucune invention importante n'y a été faite, à notre connaissance du moins.

La littérature scientifique touchant les couleurs n'est pas bien considérable, mais elle renferme un certain nombre de travaux de grande valeur. Mentionnons ceux de W. H. Perkin et de ses fils, W. H. Perkin junior et G. A. Perkin, ceux de Dale et Schorlemmer, de Schunck et de ses collaborateurs, de Green, et les recherches étendues d'Armstrong et Wynne sur les dérivés de la naphtaline, matières premières importantes de l'industrie des couleurs azoïques.

On a travaillé aussi en Angleterre sur la spectroscopie des colorants et il convient de citer tout particulièrement l'œuvre de Hartley.

Les autres pays n'ont pas beaucoup contribué au développement de l'industrie des matières colorantes, bien que dans plusieurs d'entre eux la chimie organique soit cultivée avec beaucoup de succès.

En Suède, Cleve et ses élèves ont fourni des travaux importants sur la naphtaline ; en Hollande, nous avons le procédé de préparation de l'acide anthranilique, matière première de l'indigo, au moyen de la phtalimide (Hoogewerff et van Dorp) ; l'Amérique a fourni l'acide de Schoellkopf et quelques colorants azoïques, l'Autriche également quelques azoïques, mais il n'y a à relever aucune découverte réellement transcendante. Par

contre nous devons à l'Autriche des études précieuses sur les colorants naturels (Hlasiwetz, Benedikt, Weidel, Herzig) et dans ces derniers temps, des recherches remarquables de Scholl et de ses élèves sur les colorants à cuve. Les importants travaux de Friedlaender dans divers domaines de la chimie des couleurs et particulièrement ses synthèses des colorants indigoïdes et ses études sur la pourpre antique, ont été exécutés à Vienne. Enfin les travaux de Formanek, en collaboration avec Grandmougin, de Mulhouse, ont inauguré l'analyse spectrale systématique des matières colorantes.

SUR
DEUX PHÉNOMÈNES VÉGÉTAUX
REMARQUABLES SOUS NOTRE LATITUDE

PAR

B. P. G. HOCHREUTINER

(Avec les planches I, II et III)

Nous avons pensé qu'il y avait lieu de signaler la présence au Grand-Saconnex, dans la propriété de M. Edouard Sarasin, de deux végétaux qui, s'ils étaient sous les tropiques, n'éveilleraient pas un intérêt spécial, mais qui, sous notre latitude, sont peu communs et susceptibles d'attirer l'attention des biologistes œcologistes. Ils présentent, en effet, quelques particularités que nous voudrions relater ici.

Il s'agit d'abord d'un *Taxodium distichum* Rich., dont les racines respiratoires s'élèvent à une hauteur appréciable au-dessus du sol et qui, à cause de cela, constitue un exemple typique d'arbre pourvu de ces organes singuliers et caractéristiques pour un grand nombre d'espèces habitant les mangroves de la zone équatoriale.

Ces *racines en genou* présentent un angle convexe qui est le siège d'une hypertrophie locale amenant la formation d'une excroissance comme on peut en voir un grand nombre sur la fig. 1. On a beaucoup discuté là-dessus, mais, après les travaux de Wilson et surtout les expériences de Karsten et Greshoff sur la *Brugiera eriopetala,* il n'y a plus de doute au sujet de la fonction de ces organes. Ce sont des *pneumatophores;* ils servent à faciliter l'accès de l'air aux racines, enfoncées dans la vase, et qui en sont privées. On pourrait distinguer une autre

preuve de cette affirmation dans le fait que les *Taxodium* qui croissent dans les parcs, où on les cultive souvent, n'ont pas de pneumatophores, — ou bien, s'ils en ont, ces excroissances sont minuscules, — tandis que les exemplaires qui croissent dans les lagunes du Mississipi présentent des pneumatophores qui dépassent parfois de plus d'un mètre la surface du marécage.

Il est donc intéressant de constater que le végétal, dont nous avons fait exécuter une photographie, reproduite sur les pl. I et II, fait partie d'un groupe placé dans une prairie humide où ces arbres prospèrent admirablement. Tous présentent des racines à fleur de terre, mais un œil exercé seulement y discernerait la tendance de cette espèce à former des pneumatophores. Chez un seul spécimen, au contraire, les pneumatophores ont acquis leur entier développement, et cet exemplaire est placé maintenant en contrebas d'une digue retenant l'eau stagnante et chargée de matières organiques d'une carpière. Or, il est facile de constater que des infiltrations constantes ont lieu qui maintiennent une humidité très grande en cet endroit spécial.

Une petite rigole, par laquelle on peut laisser échapper l'eau de la carpière, fait l'office de drain et sépare cet arbre de la plupart de ses voisins. On peut admettre que ceux-ci, tout en étant dans un sol humide favorable à leur végétation, ne participent cependant pas dans la même mesure aux conditions du sous-sol nettement marécageux du premier. S'il est vrai que la fonction fait l'organe, on serait donc tenté d'admettre que le besoin plus accentué de l'aération des racines, chez l'arbre figuré ici, a provoqué chez lui un développement plus grand des pneumatophores. Mais il est possible d'admettre aussi que l'humidité seule, c'est-à-dire son action physique et chimique, ait agit comme excitant et qu'elle ait provoqué directement la réaction caractéristique des racines respiratoires. L'une de ces deux interprétations devait être évidemment dans l'esprit de ceux qui ont observé les différences de développement des pneumatophores dans un parc et dans un marais, et nous sommes convaincus que ces explications sont exactes, l'une ou l'autre, ou, peut-être même, toutes les deux à la fois. Cependant, nous

pensons que, chez ces *Taxodium*, les différences individuelles pourraient bien jouer aussi leur rôle et certains spécimens pourraient bien être beaucoup plus susceptibles que d'autres, de former des pneumatophores. Cette idée nous est suggérée par le fait qu'il y a chez M. Sarasin deux *Taxodium* en contre-bas de la carpière, c'est-à-dire entre celle-ci et la rigole de drainage. L'un a des pneumatophores énormes atteignant 40-50 cm. de haut, et l'autre présente à peine quelques nodosités. Or, les conditions biologiques sont identiques, la date de plantation, l'exposition, le sous-sol sont semblables et cependant il y a une différence frappante entre ces deux arbres.

Par conséquent, quand bien même nous admettons que l'arbre de la pl. I doit le développement extrême de ses pneumatophores à l'influence du sous sol saturé d'eau, néanmoins nous pensons qu'il est légitime de croire que ce développement a pu se produire à cause de la capacité individuelle de l'arbre à donner naissance à ces organes, capacité qu'on peut attribuer à l'hérédité ou à tout autre cause.

Le second phénomène est constitué par un cerisier épiphyte sur un saule.

Jusque là, rien que d'assez naturel. Cependant la taille du cerisier et la présence, à côté de lui, d'un noisetier fort bien développé, font de ce groupe un exemple très typique des cas assez fréquents d'épiphitisme observés parfois sur nos vieux saules.

Toutefois il y a là un peu plus. Si l'on examine la pl. III, on verra que l'épiphytisme du cerisier n'est pas complet, en ce sens que plusieurs racines se sont formées qui ont suivi l'intérieur creux du saule pour aller s'implanter dans le sol. Ces racines, dont l'une surtout est très grosse et possède un diamètre presqu'égal à celui du tronc, se sont couvertes d'une écorce épaisse et rugueuse avec des lenticelles caractéristiques. La plus grosse de ces racines est facilement visible à la base du tronc de saule sur la pl. III ; elle a absolument l'apparence d'une tige adulte, mais la véritable tige, c'est-à-dire le tronc du cerisier, se trouve au sommet du saule; on l'aperçoit, sur la même planche, entre les branches du noisetier.

Nous sommes donc en présence d'un phénomène tout à fait semblable au cas du *Ficus diversifolia* de Java ; cet arbuste a la propriété singulière de vivre d'abord en épiphyte, puis il envoie des racines rampant sur l'écorce de son hôte jusqu'au moment où elles touchent le sol. Alors, puisant une sève abondante dans la terre, elles donnent bientôt à l'ancien épiphyte un développement tel, qu'il étouffe parfois l'arbre qui l'a soutenu pendant ses premières années. En même temps, les racines aériennes qui ont atteint le sol, augmentent beaucoup de diamètre et remplissent bientôt la fonction du tronc pour l'arbre devenu tout à fait indépendant.

Cette série de transformations est la règle chez le *Ficus diversifolia* et chez plusieurs autres espèces citées par les auteurs *(F. glaberrima, altissima, callophylla,* etc.); elle semble dénoter chez eux une fixité remarquable de leur évolution biologique, évolution qu'on serait tenté de comparer à certains phénomènes de l'instinct animal.

Or, le cerisier épiphyte de M. Sarasin a subi une évolution analogue, quoique cette espèce ne soit en aucune manière adaptée à un tel genre de vie. Qu'en conclure, sinon que la nature réalise les conditions les plus variées et que, si les Darwinistes ont recours parfois à des hypothèses fort compliquées, pour expliquer la naissance de certains instincts ou de certaines adaptations biologiques, il est aventureux de les accuser d'invraisemblance. La nature, en effet, dépasse souvent les imaginations les plus vagabondes.

On ne saurait donc nier d'emblée que l'évolution du *Ficus diversifolia* soit le résultat de la fixation, au cours de longues générations successives, d'une forme biologique fortuite au début, puisque nous voyons — même chez nous, où elles sont exceptionnelles — ces conditions d'existence être réalisées et un végétal de notre pays s'y adapter, *fortuitement,* c'est certain.

Il n'est pas jusqu'à cette particularité, si souvent observée pour les épiphytes de la forêt tropicale, — la présence de fourmilières contribuant à fournir de l'humus aux végétaux se développant dans les branches des grands arbres — qui ne soit aussi réalisée pour notre cerisier. Dans la cavité du tronc du

saule, des détritus de toutes sortes ont été accumulés, par les fourmis apparemment, car on en voit un grand nombre circuler çà et là.

Telles sont les réflexions que nous ont suggéré les deux végétaux, sur lesquels M. Sarasin a eu l'amabilité d'attirer notre attention et qu'il a bien voulu faire représenter sur les trois planches ci-jointes.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AUX

FORTIFICATIONS DE SAINT-MAURICE

PENDANT LES MOIS DE

décembre 1913, janvier et février 1914

(HIVER 1914)

OBSERVATIONS DIVERSES

Décembre 1913

Brouillard. — *Brouillard pendant une partie de la journée:* les 7 et 11 à Dailly; les 6, 7, 8, 11, 12, 14, 25 et 31 à l'Aiguille.

Neige sur le sol: du 25 au 27 et du 29 au 31 à Lavey et à Savatan; les 5, 6, 11, 14, 15, du 18 au 20, du 25 au 31 à Dailly; les 5 et 6 et du 11 au 31 à l'Aiguille.

Fœhn : du 27 au 28 aux quatre stations.

Janvier 1914

Brouillard. — I. *Brouillard tout le jour:* le 18 à Dailly et à l'Aiguille. — II. *Brouillard pendant une partie de la journée:* les 11, 14, 17 et 21 à Dailly; les 11, 12, 14, 15 et 21 à l'Aiguille.

Neige sur le sol: du 1 au 10 et du 12 au 31 à Lavey et à Savatan; du 1 au 31 à Dailly et à l'Aiguille.

Février 1914

Brouillard. — I. *Brouillard tout le jour:* le 6 à Lavey; le 26 à Dailly et à l'Aiguille. — II. *Brouillard pendant une partie de la journée:* les 4, 5, 8 et 13 à Lavey; le 2 à Savatan.

Neige sur le sol: les 19 et 20 à Savatan; du 1 au 5, les 14, 19, 20, 23, 27 et 28 à Dailly; du 1 au 6, les 14 et 15 et du 19 au 28 à l'Aiguille.

Fœhn: du 8 au 9 à Lavey et à Savatan; du 21 au 22 aux quatre stations.

Orage : le 18.

MOIS DE DÉCEMBRE 1913

Jours du mois	Baromètre Hauteur moyenne Savatan	Baromètre Hauteur moyenne Dailly	Thermomètre Température moyenne Savatan	Thermomètre Température moyenne Dailly	Hygromèt. Fraction de saturation moyenne Savatan	Hygromèt. Fraction de saturation moyenne Dailly	Nébulosité moyenne Lavey	Nébulosité moyenne Savatan	Nébulosité moyenne Dailly	Pluie et Neige (hauteur mesurée) Lavey Pluie	Lavey Neige	Savatan Pluie	Savatan Neige	Dailly Pluie	Dailly Neige	Aiguille Pluie	Aiguille Neige
	mm.	mm	°	°	%	%				mm.	cm.	mm.	cm.	mm.	cm.	mm.	cm.
1	710.7	664.8	+ 4.7	+ **8.2**	62	10	0	0	0	....	....	....	....	....	....	....	....
2	709.5	662.3	3.5	4 6	72	28	0	0	0	....	..	....	....	....	....	....	....
3	706.3	660.8	6 4	5.9	44	14	0	0	0	....	....	....	.. .	....	....	....	....
4	701.3	656.8	**6.9**	+ 3.2	39	21	7	6	7	9.5	....	12.8	....	8.5	5	5.8	7
5	705.8	658.6	0.9	- 2.6	76	59	10	10	10	7.0	..	2.6	1	4.7	**19**	7.6	**20**
6	698.8	651.8	2.8	+ 0.6	100	96	10	10	10	**18.8**	....	**17.5**	....	**17.8**	....	**12.6**	....
7	700.7	654.4	+ 4.5	+ 2.6	100	92	10	10	10	1.9	....	1.7	.. .	1.8	....	2.0	....
8	710.3	661.8	0.0	- 1.7	77	51	4	3	3	....	....	.. .	.. .	....	...	....	....
9	711.8	663.9	+ 1 1	+ 3.4	57	11	0	1	0	....	....	....	....	....	....	....	....
10	707.9	660.9	4.5	2.8	79	44	9	9	9	5 2	....	5.0	....	4.6	1	6.2	7
11	708.4	660.4	4.3	0.3	72	94	5	10	10	....	....	....	....	....	....	....	...
12	708.9	661.4	4.5	0.3	70	69	5	7	6	....	....	....	....	...	....	....	....
13	708.8	661.5	2.6	+ 0.6	79	67	7	6	7	3.5	....	3.6	....	2.5	2	2.9	3
14	712.2	664.0	2.3	- 0.4	67	62	6	5	3	....	....	....	....	....	....	....	...
15	711 3	663.5	1.7	+ 1.6	73	34	6	6	7	....	.. .	....	....	....	....	....	....
16	709.1	662.3	3.3	+ 4.8	56	17	0	0	0	....	....	....	....	....	....	....	....
17	708.2	660.9	1 7	- 1.5	86	79	10	9	7	1.1	....	1.0	1	1.4	1	2.1	5
18	706.3	658.2	+ 1.7	- 1.4	69	59	3	4	4	....	....	....	....	....	....	....	....
19	707.3	659.1	- 1.8	- 2.4	75	24	3	1	2	....	....	....	....	....	. ..	....	....
20	710.9	663.1	- 2.9	+ 2.1	96	12	2	1	1	....	....	...	....	....	....	....	....
21	**715.6**	**667.8**	- 2.7	2.3	99	15	3	3	0	....	....	. ..	....	....	....	....	....
22	711.8	664.7	- 2.6	1.3	83	17	0	0	0	....	....	....	....	....	....	....	.. .
23	703.0	656.1	- 0.8	3.9	55	**2**	0	0	0	....	....	....	....	....	....	....	....
24	698.4	652.0	+ 0.6	+ 1.8	45	35	3	3	4	3.0	1	7.0	**9**	9.7	13	11.2	17
25	708 5	660.2	- 1.7	- 4.2	69	76	3	3	4	....	....	....	....	.. .	....	.. .	....
26	714.2	665.9	- 1.4	- 1.4	46	15	2	3	1	...	....	....	...	....	....	....	....
27	707.1	659.8	+ 3.1	+ 6.1	**38**	**2**	3	8	4	....	....	....	....	....	....	....	....
28	690.3	645.1	+ 6.7	+ 0.3	51	39	10	10	10	5.3	**2**	6.4	1	5.8	10	6.9	14
29	**689.5**	**642.2**	- 3.2	- 6.0	76	**99**	10	9	10	1.3	1	2 2	5	6.2	11	7.1	11
30	693.4	645.8	- 4.7	- 8.5	78	98	10	10	10	0.2	....	1.4	....	3.6	7	4 3	8
31	702.2	652.8	- **5.6**	- **9.2**	62	73	7	7	6	....	....	....	....	6 4	10	6 5	10
Mois	706.08	658.80	+ 1.30	+ 0.56	69	46	4.8	5.0	4.7	56.8	4	61.2	17	73.0	79	75.2	102

MOYENNES DU MOIS DE DÉCEMBRE 1913

Pression atmosphérique.

	Savatan				Dailly			
	7 h. m. mm.	1 h. s. mm.	9 h. s. mm.	Moyenne mm.	7 h. m. mm.	1 h. s. mm.	9 h. s. mm.	Moyenne mm.
1re décade ...	706.65	706.17	706.08	706.30	659.81	659.52	659.49	659.60
2me » ...	709.03	708.81	709.60	709.14	661.22	661.22	661.87	661.43
3me » ...	703.49	702.78	703.01	703.09	655.98	655.38	655.64	655.67
Mois..	706.29	705.82	706.12	706.08	658.90	658.60	658.89	658.80

Température.

	Savatan					
	7 h. m. o	1 h. s. o	9 h. s. o	Moyenne o	Minim. moyen o	Maxim. moyen o
1re décade ...	+ 2.29	+ 4.78	+ 3.50	+ 3.52	+ 0.4	+ 5.1
2me » ...	+ 0.74	+ 2.91	+ 1.54	+ 1.73	- 0.8	+ 3.0
3me » ..	- 2.51	+ 0.15	- 0.98	- 1.12	- 4.0	+ 1.2
Mois..	+ 0.09	+ 2.53	+ 1.28	+ 1.30	- 1.5	+ 3.0
	Dailly					
1re décade ...	+ 1.67	+ 4.82	+ 1.60	+ 2.70	- 1.0	+ 6.1
2me » ...	- 1.00	+ 2.11	+ 0.09	+ 0.40	- 2.7	+ 3.6
3me » ...	- 2.49	+ 1.05	- 2.31	- 1.25	- 4.6	+ 2.4
Mois..	- 0.67	+ 2.61	- 0.27	+ 0.56	- 2.8	+ 4.0

Fraction de saturation en %

	Savatan				Dailly			
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
1re décade ...	69	68	75	71	42	41	45	43
2me » ...	78	67	77	74	64	42	49	52
3me » ...	68	60	63	64	42	35	51	43
Mois..	71	65	72	69	49	39	48	46

Nébulosité.

	Lavey				Savatan				Dailly			
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
1re décade ...	4.6	5.2	5.0	5.0	4.5	5.4	4.9	4.9	4.9	5.0	5.0	5.0
2me » ...	5.8	4.3	4.0	4.7	5.7	5.1	3.7	4.9	5.3	4.6	4.2	4.7
3me » ...	6.0	3.5	4.4	4.6	6.8	3.7	5.1	5.2	4.8	3.4	5.1	4.5
Mois..	5.5	4.3	4.5	4.8	5.7	4.7	4.6	5.0	5.0	4.3	4.8	4.7

MOIS DE JANVIER 1914

Jours du mois	Baromètre Hauteur moyenne		Thermomètre Température moyenne		Hygromèt. Fraction de saturation moyenne		Nébulosité moyenne			Pluie et Neige (hauteur mesurée)							
										Lavey		Savatan		Dailly		Aiguille	
	Savatan	Dailly	Savatan	Dailly	Savatan	Dailly	Lavey	Savatan	Dailly	Pluie	Neige	Pluie	Neige	Pluie	Neige	Pluie	Neige
	mm.	mm.	o	o	%	%				mm.	cm.	mm.	cm.	mm.	cm.	mm.	cm.
1	708.0	657.9	- 7.7	-10.8	58	54	2	3	1	....	....	0.4	1	....	....	....	....
2	712.2	663.8	- 8.3	- 9.4	59	35	0	1	1	....	....	....	....	0.1	1	0.2	....
3	711.8	662.9	- 3.9	- 2.4	51	32	3	0	3	....	....	....	....	....	....	....	....
4	711.9	661.9	- 3.3	- 2.2	81	35	5	3	0	....	....	....	....	....	....	....	....
5	707.3	657.5	- 4.1	- 3.7	86	47	3	2	0	....	....	....	....	....	....	....	....
6	697.4	650.7	- 2.0	- 3 9	70	67	8	8	7	10.2	**15**	12.5	**17**	15.6	**17**	18.7	**32**
7	704.1	656.9	- 3.2	- 7.1	90	**99**	10	10	10	4.8	7	3 5	12	9.3	11	12.2	17
8	712.7	662.7	- 3.1	- 4.3	63	39	5	5	4	....	....	....	....	....	....	....	....
9	710.1	662.0	- 0.9	+ 2.7	85	73	10	7	10	**35.2**	....	**35.5**	....	**31.2**	....	**33.4**	....
10	708.7	660.5	+ **5.0**	+ **3.4**	100	**99**	10	10	10	10.6	....	11.8	....	11.5	....	8.9	1
11	704.8	656.4	+ 3.8	+ 2.2	100	89	10	10	10	12.2	5	7.0	8	9.4	3	8.4	9
12	702.8	653.6	- 7.0	- 9.3	99	98	10	10	10	5.8	4	7.5	8	4.5	2	3.1	5
13	702.9	652.2	- 7 5	- 8.9	98	93	10	10	6	....	....	....	....	0.1	....	0.6	1
14	696.7	647.9	- **9.3**	**-12.3**	96	95	10	10	8	0.7	1	2 4	1	1 7	1	2.9	4
15	699.4	650.5	- 8.5	-10.8	87	95	3	3	4	....	....	....	....	....	....	....	....
16	698.2	649.9	- 7.5	- 4.0	90	19	0	3	0	....	....	....	....	....	....	....	....
17	**692.9**	**644.6**	- 6.4	- 5.3	95	33	10	10	6	....	....	....	....	....	....	....	....
18	698.2	650.1	- 6.6	- 9 8	97	98	10	10	10	....	....	....	....	....	....	....	....
19	698.4	649.7	- 6.8	- 7.5	84	80	4	4	0	....	....	....	....	....	....	....	....
20	697.4	649.8	- 6.9	- 5.2	88	29	2	0	0	....	....	....	....	0.1	....	0.7	1
21	700.0	651.5	- 4.7	- 7.4	93	94	9	7	8	....	....	....	....	0.1	....	0.2	....
22	701.3	653.0	- 6.1	- 6.4	73	66	0	0	0	....	....	....	....	....	....	....	....
23	704.7	656.2	- 6.3	- 4.9	78	29	0	0	0	....	....	....	....	....	....	....	....
24	712.3	663.3	- 4.7	- 1.2	70	16	0	0	0	....	....	....	....	....	....	....	....
25	**716.4**	**667.2**	- 2.9	- 1.1	57	9	0	0	1	....	....	....	....	....	....	....	....
26	712.5	664.8	- 1.3	+ 3.1	54	**4**	0	1	0	....	....	....	....	....	....	....	....
27	707.6	660.0	- 0.7	- 0.5	60	40	9	7	9	2.5	5	6.0	10	5.2	5	5.3	9
28	708.5	660 3	- 1.5	- 4.1	76	63	4	4	4	....	....	....	....	....	....	....	....
29	709.6	660.9	- 3.0	- 2.3	**45**	16	0	0	0	....	....	....	....	....	....	....	....
30	709.6	661 3	- 1.8	- 0.3	46	8	0	0	0	....	....	....	....	....	....	....	....
31	711.5	663.4	- 3.7	+ 2.2	53	9	0	0	0	....	....	....	....	....	....	....	....
Mois	705.48	656.89	- 4.23	- 4 21	77	54	4 7	4 5	4.0	82.0	37	86.6	57	88.8	40	94.6	79

MOYENNES DU MOIS DE JANVIER 1914

Pression atmosphérique

	Savatan				Dailly			
	7 h. m. mm.	1 h. s. mm.	9 h. s. mm.	Moyenne mm.	7 h. m. mm.	1 h. s. mm.	9 h. s. mm.	Moyenne mm.
1re décade ...	708.65	708.20	708 41	708.42	659.54	659.41	660 09	659 68
2me » ...	699.18	698.92	699.43	699.18	650.80	650.32	650.33	650.48
3me » ...	708.22	708.07	709.30	708.53	659.70	660 05	660.77	660.17
Mois..	705.44	705.16	705.83	705.48	656.77	656.71	657.18	656.89

Température

	7 h. m. °	1 h. s. °	9 h. s. °	Moyenne °	Minim. moyen °	Maxim. moyen °
	Savatan					
1re décade ...	- 4.27	- 2.41	- 2.82	- 3.17	- 7 2	- 1.1
2me » ...	- 6.82	- 5.50	- 6.48	- 6.27	- 9 0	- 4.4
3me » ...	- 4.69	- 2.22	- 3.15	- 3.35	- 6.7	- 1.3
Mois..	- 5 24	- 3.34	- 4.12	- 4.23	- 7.6	- 2.2
	Dailly					
1re décade ...	- 5.38	- 1.84	- 4.08	- 3.77	- 6 5	- 0 2
2me » ...	- 7 63	- 5.55	- 8.07	- 7.08	- 9.9	- 4.5
3me » ..	- 4.14	+ 0.13	- 2.23	- 2.08	- 5.3	+ 1.9
Mois..	- 5.66	- 2.34	- 4.71	- 4.24	- 7.2	- 0.8

Fraction de saturation en %

	Savatan				Dailly			
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
1re décade ...	72	71	80	74	59	54	61	58
2me » ...	95	92	93	93	77	70	72	73
3me » ...	66	61	66	64	39	24	34	32
Mois..	77	74	79	77	58	49	55	54

Nébulosité

	Lavey				Savatan				Dailly			
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
1re décade ...	6.6	5.2	5.0	5.6	5.0	5.3	4.5	4.9	5 2	4.6	4.2	4.6
2me » ...	7.2	6.8	6.5	6 9	7.0	7.2	7.0	7.0	4 8	5.9	5.6	5.4
3me » ...	2.5	1.9	1.5	2 0	2.1	2.2	1.1	1.8	2.4	2.3	1.4	2.0
Mois..	5.3	4.5	4.3	4.7	4.6	4.8	4.1	4.5	4.1	4.2	3.6	4.0

MOIS DE FÉVRIER 1914

Jours du mois	Baromètre Hauteur moyenne Savatan	Baromètre Dailly	Thermomètre Température moyenne Savatan	Thermomètre Dailly	Hygromèt. Fraction de saturation moyenne Savatan	Hygromèt. Dailly	Nébulosité moyenne Lavey	Nébulosité Savatan	Nébulosité Dailly	Pluie et Neige (hauteur mesurée) Lavey Pluie	Lavey Neige	Savatan Pluie	Savatan Neige	Dailly Pluie	Dailly Neige	Aiguille Pluie	Aiguille Neige
	mm.	mm.	°	°	%	%				mm.	cm.	mm.	cm.	mm.	cm.	mm.	cm.
1	**713.8**	**666.7**	− 1.3	+ 5.1	77	10	1	0	0	....	....	....	....	....	....	....	....
2	712.3	666.4	− 1.1	5.1	71	6	2	4	1	....	....	....	....	....	....	....	....
3	711.6	664.9	+ 0.8	5.1	53	4	0	0	0	....	....	....	....	....	....	....	....
4	711.6	664.3	− 1.3	5.1	65	3	8	1	1	....	....	....	....	....	....	....	....
5	710.7	662.8	− 1.3	6.5	69	**1**	9	1	1	....	....	....	....	....	....	....	....
6	707.4	660.7	− **2.5**	4.4	91	4	9	0	0	....	....	....	....	....	....	....	....
7	706.8	658.9	− 0.2	3.6	72	8	1	1	1	....	....	....	....	....	....	....	....
8	705.8	657.9	+ 3.9	2.6	54	13	4	0	0	....	....	....	....	....	....	....	....
9	705.8	658.1	5.7	1.7	**45**	14	3	5	4	....	....	....	....	....	....	....	....
10	707.8	658.0	5.1	4.1	54	12	5	5	4	....	....	....	....	....	....	....	....
11	706.4	659.5	4.9	5.3	55	13	3	2	2	....	....	....	....	....	....	....	....
12	704.5	658.2	4.7	+ 2.6	78	54	9	9	10	0.5	....	....	....	....	....	....	....
13	708.3	661.2	2.7	− 0.1	84	86	9	7	7	0.5	....	....	....	0.5	1	1.3	2
14	712.6	665.4	3.7	+ 3.0	48	23	7	10	9	....	....	....	....	....	....	....	....
15	710.3	661.4	8.9	7.6	45	23	5	5	9	....	....	....	....	....	....	....	....
16	705.1	658.9	8.3	**9.7**	59	15	5	7	5	....	....	....	....	....	....	....	....
17	706.1	659.9	8.3	6.6	62	34	5	9	8	....	....	....	....	....	....	....	....
18	700.2	655.2	5.6	+ 2.8	81	70	6	6	7	6.8	....	6.6	1	4.2	2	4.9	5
19	699.4	653.6	1.7	− 0.8	84	77	10	9	8	3.2	....	2.1	....	2.1	....	2.9	2
20	699.6	653.9	5.6	+ 4.3	69	35	3	2	1	....	....	....	....	....	....	....	....
21	696.2	651.4	7.1	2.5	51	55	7	7	7	....	....	....	....	....	....	....	....
22	**684.3**	**638.6**	**9.5**	+ 5.7	47	40	7	6	10	**16.0**	....	**15.2**	**9**	**18.8**	**17**	**18.5**	**21**
23	686.2	640.2	1.4	− 0.8	**96**	100	6	6	7	2.0	....	....	....	....	....	....	....
24	686.3	641.3	4.1	− 1.1	57	59	5	4	6	....	....	....	....	....	....	....	....
25	690.9	642.9	3.1	+ 1.3	79	32	8	9	5	....	....	....	....	....	....	....	....
26	697.1	650.4	2.7	− **1.9**	81	100	10	10	10	0.5	....	....	....	1.0	1	1.4	2
27	700.9	653.5	3.5	− 0.5	80	97	9	8	10	....	....	....	....	....	....	....	....
28	704.4	657.3	+ 3.7	0.0	84	100	10	10	10	....	....	....	....	....	....	....	....
Mois	703.30	656.49	+ 3.47	+ 3.21	68	39	5.9	5.1	5.1	29.5	....	23.9	10	26.6	21	29.0	32

MOYENNES DU MOIS DE FÉVRIER 1914

Pression atmosphérique

	Savatan				Dailly			
	7 h. m. mm.	1 h. s. mm.	9 h. s. mm.	Moyenne mm.	7 h. m. mm.	1 h. s. mm.	9 h. s. mm.	Moyenne mm.
1re décade ...	709.51	709.26	709 28	709.35	662.15	661.77	661.74	661.89
2me » ...	705 52	705.33	704.92	705.25	658.64	658.75	658.77	658.72
3me » ...	692.65	693.04	694.18	693 29	646.66	646.64	647.54	646 95
Mois..	703.26	703.22	703.41	703.30	656.47	656.37	656.62	656.49

Température

	7 h. m. o	1 h. s. o	9 h. s. o	Moyenne o	Minim. moyen o	Maxim. moyen o
Savatan						
1re décade ...	+ 0.30	+ 1.24	+ 0.76	+ 0.77	− 2.6	+ 3.1
2me » ...	3.74	7 02	5.50	5.42	+ 1.5	8.1
3me » ...	3.18	6.20	3.85	4.41	+ 1.3	6.9
Mois..	+ 2.35	+ 4.72	+ 3.34	+ 3.47	0.0	+ 6.0
Dailly						
1re décade ...	+ 2.34	+ 7.10	+ 3.59	+ 4 34	+ 1.2	+ 8.1
2me » ...	2.85	5.64	+ 3.81	4.10	+ 0.7	7.4
3me » ...	0.05	2.16	− 0.20	0 67	− 2.1	3.3
Mois..	+ 1.87	+ 5.17	+ 2.59	+ 3.21	+ 0.1	+ 6.5

Fraction de saturation en %

	Savatan				Dailly			
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
1re décade ...	55	74	66	65	9	6	8	8
2me » ...	70	65	65	67	42	40	47	43
3me » ...	76	67	73	72	69	66	83	73
Mois ..	66	69	68	68	38	35	43	39

Nébulosité

	Lavey				Savatan				Dailly			
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
1re décade ...	3.4	3.5	5.8	4.2	0.5	1.6	3.0	1.7	0.6	1.7	1.6	1.3
2me » ...	6.6	5.5	6.5	6.2	7.5	6 6	5.5	6.6	6.9	6.8	6.2	6.6
3me » ...	7.5	8.2	7.5	7.7	8.2	7.0	7.3	7.5	8.5	8.9	6.6	8.1
Mois..	5.7	5.6	6.5	5.9	5.2	4.9	5.1	5.1	5.1	5.6	4.7	5.1

COMPTE RENDU DES SÉANCES

DE LA

SOCIÉTÉ DE CHIMIE DE GENÈVE

Séance du 11 juin 1914.

A. Bach. Limite de sensibilité de la peroxydase. — A. Pictet et M. Bouvier. Hydrocarbures et alcools du goudron du vide. — A. Pictet et L. Ramseyer. Produit d'extraction de la houille par le benzène. — M. Skossarewsky. Dissociation électrolytique de l'acétylène en solution dans l'ammoniac liquide. — F. Reverdin. Rectification.

M. A. Bach a déterminé la *limite de sensibilité de la peroxydase* purifiée par ultrafiltration. Il a employé comme réactif un mélange de 8 parties d'une solution de gaïacol à 0,1 $^0/_0$ et de 1 partie d'une solution de peroxyde d'hydrogène à 0,1 $^0/_0$. Ce réactif, qui reste plusieurs jours incolore en l'absence de catalyseurs, permet de déceler très aisément 1 partie de peroxydase dans deux billions de parties d'eau.

Si, dans l'oxydation du pyrogallol par le peroxyde d'hydrogène, on prend comme catalyseur la peroxydase purifiée par ultrafiltration, on obtient 98 mg. de purpurogalline pour 1 mg. de ferment. Il n'a pas été possible d'élever au-dessus de 26 $^0/_0$ le rendement en purpurogalline.

M. le prof. A. Pictet communique la suite des recherches entreprises dans son laboratoire sur les *constituants de la houille*.

En collaboration avec M. M. Bouvier, il a poursuivi l'étude du *goudron du vide* [1]. Une soixantaine de kilos de ce produit leur ont été obligeamment fournis par la Gesellschaft für chemische Industrie, à Bâle. Trois nouveaux *hydrocarbures saturés* en C_nH_{2n} en ont été retirés ; le premier possède la formule C_9H_{18}, la densité 0,7590 à 20° et un point d'ébullition situé à 135-137° ; les

[1] *Archives*, **37.** 556.

deux autres ont la même composition, exprimée par la formule $C_{12}H_{24}$; l'un bout à 211-213° et a une densité de 0,7862 à 21°, l'autre distille à 215-217° et a la densité 0,7884 à 21°. Sans avoir pu jusqu'ici établir la constitution de ces nouveaux carbures, les auteurs ont, ici encore, constaté leur identité avec trois autres carbures retirés par Mabery des pétroles du Canada et de la Californie, ce qui vient confirmer leur idée d'une relation entre la houille et le pétrole.

Les propriétés des carbures de Mabery sont les suivantes :

	Point d'ébull.	Densité
C_9H_{18}	135°	0.7591
$C_{12}H_{24}$	212-213°	0.7851
$C_{12}H_{24}$	215-217°	0.7857

MM. Pictet et Bouvier se sont occupés aussi des *alcools* contenus dans le goudron du vide. On les isole comme suit : le goudron, lavé à l'acide sulfurique dilué pour éloigner les bases, est agité longtemps et à plusieurs reprises avec de la soude diluée, seché, puis chauffé avec du sodium à une température voisine de son point d'ébullition. Il se précipite un sel blanc ; on lave celui-ci à l'éther sec et on le décompose par l'eau froide ; on obtient une huile surnageante, que l'on décante, sèche et fractionne dans le vide. Les premières fractions sont des liquides incolores, à odeur agréable de menthol et possédant tous les caractères d'alcools. Ils forment des éthers avec les chlorures d'acétyle et de benzoyle, avec dégagement d'acide chlorhydrique. La fraction la plus basse (170-175°) est constituée par un alcool saturé de la formule $C_7H_{14}O$, laquelle correspond à un *méthylcyclohexanol*. Les auteurs ont préparé son phénényluréthane et l'ont comparé aux phényluréthanes des trois méthylcyclohexanols artificiels. Ils ont ainsi constaté l'identité de leur produit avec le *méthylcyclohexanol 1.4* (hexahydro-paracrésol).

Dans les fractions suivantes, on a pu isoler des alcools de formules $C_8H_{10}O$ (185-190°), $C_9H_{12}O$ (230-235°) et $C_{10}H_{14}O$ (215-220°). Ce sont des alcools non saturés, mais peu stables. Ils deviennent peu à peu solubles dans les alcalis en se convertissant en phénols. Le mécanisme de cette transformation n'a pu encore être élucidé.

En collaboration avec M. L. Ramseyer, M. Pictet a repris l'étude du produit d'*extraction de la houille par le benzène bouillant*[1]. Ces recherches ont pu être faites sur une plus grande

[1] *Archives*, 32. 514.

échelle, grâce à l'aide de la maison Hoffmann, La Roche & Cie, à Grenzach, qui a mis en œuvre, dans ce but, un peu plus de cinq tonnes de houille de la Sarre.

Le produit principal de cette extraction est un liquide brun, possédant l'odeur du pétrole et une densité qui, à 20°, est exactement 1,000. Au point de vue chimique, ce liquide présente la plus grande analogie avec le goudron du vide. Il est, comme lui, constitué presque entièrement d'hydrocarbures saturés et non saturés de la série hydro-aromatique, auxquels sont mélangés 1-2 % d'alcools et de composés basiques. Cette analogie tend à prouver que la distillation de la houille dans le vide, à une température qui ne dépasse pas 450°, n'y produit aucune décomposition et ne fait qu'en séparer les parties les plus volatiles.

Parmi les substances basiques que contient le produit d'extraction, les auteurs ont pu jusqu'ici en isoler deux à l'état de pureté. La première est liquide, volatile avec l'eau et douée d'une odeur qui rappelle à s'y méprendre la nicotéine et les pyrrolines; c'est une base secondaire dont la composition répond à la formule $C_7H_{13}N$ (propylpyrroline?). La seconde est une base solide et tertiaire, qui forme avec tous les acides des sels jaunes bien cristallisés. Ces deux corps donnent toutes les réactions générales des alcaloïdes végétaux; ce sont des *alcaloïdes fossiles.*

M. Skossarewsky entretient la Société de la *dissociation électrolytique de l'acétylène en solution dans l'ammoniac liquide.* Après avoir constaté [1] que ces solutions conduisent le courant et que la conductibilité moléculaire de l'acétylène à 0° est du même ordre de grandeur que celle des phénols en solution aqueuse, il a fait de nouvelles expériences pour étudier les variations de cette conductibilité avec la dilution, à des températures comprises entre —45° et 0°. Voici les résultats d'une série de mesures effectuées à —45° (v désigne le volume en litres de la solution contenant une molécule-gramme d'acétylène, μ la conductibilité moléculaire de l'acétyléne).

v	$\mu . 10^4$
1.079	18.5
1.957	21.9
3.115	27.0
10.420	62.0
25.000	100.0

Le chiffre correspondant à la solution $\frac{1}{25}$—normale n'est qu'approximatif, car à cette dilution la conductibilité spécifique de la

[1] *Archives*, 37. 465.

solution est si faible que les variations de conductibilité dues aux impuretés de l'ammoniac ne sont plus négligeables. En effet, ces variations atteignent 1×10^{-7}, tandis que la conductibilité spécifique de la solution n'est que de 3×10^{-7}.

Les valeurs de μ accusent une augmentation bien nette avec la dilution croissante, ce qui prouve que la dissociation électrolytique de l'acétylène augmente avec la dilution, conformément aux prévisions de la théorie d'Arrhenius.

N'ayant pas réussi à mesurer avec une précision suffisante les conductibilités de solutions plus étendues que $\frac{1}{20}$—$\frac{1}{25}$— normales, l'auteur n'a pu vérifier si les variations de la conductibilité moléculaire sont conformes à la loi de dilution d'Ostwald. Cependant, en représentant graphiquement les variations de μ en fonction de la concentration, on obtient une courbe dont l'allure générale correspond assez bien à celles des électrolytes binaires en solution aqueuse; ce qui tend à prouver que les écarts à la loi d'Ostwald, s'ils ont lieu, ne sont pas considérables.

M. F. Reverdin rectifie quelques données contenues dans l'article : *Sur la nitration des dérivés acylés du m-aminophénol,* qu'il a publié avec M. K. Widmer [2].

Le nitro-6-diacétyl-m-aminophénol fond à 149°, et non à 113°, comme cela avait été indiqué pour un produit encore impur.

La méthode indiquée par Meldola pour la nitration du diacétyl-m-aminophénol fournit bien, comme cet auteur l'avait observé, soit le nitro-4-, soit le nitro-6-acétyl-m-aminophénol, à la condition qu'on maintienne, lors du coulage final dans l'eau glacée, une concentration déterminée (500 gr. d'eau pour 20 gr. de dérivé diacétylé).

Le nitro-6-acétyl-m-aminophénol fond bien à 220-221°, comme l'a indiqué Meldola, et non à 200° (Reverdin et Widmer).

A. P.

[1] *Archives*. **37**. 155.

COMPTE RENDU DES SÉANCES

DE LA

SOCIÉTÉ VAUDOISE DES SCIENCES NATURELLES

Séance du 21 octobre 1914

Mercanton. Mensurations exécutées pendant quarante ans au Glacier du Rhône. — Prof. Pelet et Jean Wolf. Absorption des différents colorants basiques par les diverses fibres textiles. — J. Perriraz. Monstruosité végétale cancéreuse.

M. Mercanton expose les résultats des *mensurations exécutées pendant quarante ans au Glacier du Rhône,* par les soins de la Commission des Glaciers de la Société helvétique des Sciences Naturelles. Celle-ci publiera prochainement un ouvrage d'ensemble sur le Glacier du Rhône dans ses «Mémoires», où l'on trouvera tous les détails.

M. le Prof. Pelet présente les résultats d'une étude exécutée en collaboration de M. Jean Wolff, sur l'*absorption des différents colorants basiques par les diverses fibres textiles.* Il ressort de ce travail que la quantité de colorant fixée par la fibre n'est pas fonction du poids moléculaire. Les textiles peuvent être classés en trois groupes : 1° Ceux de faible pouvoir absorbant : les cotons naturels, cotons mercerisés et les soies artificielles de viscose et fil brillant (Glanzstoff). Le pouvoir absorbant est sensiblement égal vis-à-vis du même colorant. 2° Ceux de pouvoir absorbant moyen : les diverses variétés de soie et de laine. 3° Fibres de grand pouvoir absorbant : soie Chardonnet.

Le bleu de méthylène, entre autres, offre cette particularité remarquable de se fixer en quantité très faible sur la soie et la laine (40 mg. pour 5 gr. de fibre), et en grande quantité (323 mg. pour 5 gr. de fibre) sur la soie Chardonnet.

M. J. Perriraz : *Monstruosité végétale cancéreuse.* — Il est actuellement possible de propager le cancer végétal au moyen de greffes cancéreuses. Les expériences de 1914 ont confirmé les résultats obtenus en 1913. En prélevant sur une plante cancéreuse un lambeau d'un organe atteint et en voie de croissance, en le plaçant sur un organe correspondant sain d'une autre plante sur lequel on a fait une blessure, la greffe peut se produire et provoquer des métastases. Les cas les plus nombreux ont été obtenus par greffes sur racines, plus spécialement chez les chrysanthèmes et les choux.

Les métastases varient beaucoup de grandeurs et de formes. Il peut arriver, comme dans le cas qui nous occupe, que la plante réagisse fortement et transforme l'organe attaqué, de manière à ce qu'il soit utile à la plante.

Dans le cas du *Chrysanthemum frustescens*, les métastases se sont produites sur les feuilles basilaires, et les tiges à l'état très jeune, le cancer primaire était sur la racine. Les accidents secondaires les plus nombreux ont donné des protubérances de 1 à 3 millimètres à l'intérieur de l'involucre. Par suite d'une nourriture assez abondante, la plante a réagi et a formé des multitudes de nouvelles tiges en lieu et place des fleurons externes et internes. L'aspect de la plante est ainsi complètement changé. On peut observer de place en place des cancers secondaires sur les nouvelles tiges ainsi formées.

Un cas semblable s'est formé sur un chou, mais une attaque violente de *Cystopus candidus* a empêché le développement normal des nouvelles pousses.

Séance du 4 novembre

Maurice Lugeon. Sur la présence de lames cristallines dans les Préalpes. — P. Jomini. Observations barométriques et thermométriques faites à Payerne pendant l'éclipse du 21 août 1914. — Ch. Linder. Observations thermométriques faites à Lausanne pendant l'éclipse du 21 août 1914.

M. Maurice Lugeon. — *Sur la présence de lames cristallines dans les Préalpes.*

Sur la grande route de Gsteig (vallée de la Sarine), à environ 500 mètres du village, M. Maurice Lugeon a découvert, en septembre de cette année, à la base de la série du Flysch de la zone du Niesen, un affleurement de *schistes de Casanna* surmontés par une série triasique complète, à faciès penniques. L'ensemble est immédiatement recouvert par une brèche à gros élements passant peu à peu au Flysch typique. Quelque temps plus tard, en

compagnie de M. le professeur Emile Argand, deux autres lames de schistes de Casanna furent découvertes dans la gorge du Sulzgraben, également près de Gsteig. Ces nouvelles lames sont intercalées dans le Flysch. L'une d'elles est remplacée latéralement par de la cornieule triasique.

C'est la première fois que des schistes cristallins, en dehors de ceux qui forment des blocs exotiques dans le Flysch, sont découverts dans les nappes préalpines.

Cette découverte présente un intérêt considérable. Elle permet de montrer que la zone de Flysch du Niesen ne forme que le front de la nappe du Grand Saint-Bernard, ou une digitation de cette grande nappe pennique, car les schistes de Casanna ne sont connus que dans cette nappe. Etant donné l'absence du terrain carbonifère à Gsteig, on peut même préciser l'emplacement de la racine de la zone du Niesen, qui ne peut provenir que des régions internes de la nappe du Grand Saint-Bernard, car dans sa partie antérieure elle contient du Carbonifère. Un travail détaillé sur cette découverte sera publié dans le Bulletin de la Société.

M. P. Jomini, par l'organe de M. Ch. Linder, présente les *obser-servations barométriques et thermométriques* qu'il a faites à Payerne lors de *l'éclipse du 21 août 1914*.

M. Ch. Linder présente également les *observations thermométriques* qu'il a faites à Lausanne pendant l'éclipse du 21 août 1914. La lecture du thermomètre, faite toutes les 15 minutes dès 11 h. 45 à 15 heures, a donné successivement :

18°5, 19°, 19°5, 19°75, 20°25, 21°, 20°25, 19°5, 19°, 18°75, 18°75, 19°5, 20°, 20°5. (Différence, 2°5.)

Les températures correspondant au commencement (19°5), au milieu (19°75) et à la fin de l'éclipse (19°75) sont sensiblement les mêmes. Il y a eu éclaircies à 13 h., à 13 h. 20 et à 15 h., tandis que le reste du temps le ciel était couvert et la pluie tombait. De trois papiers sensibles, exposés respectivement durant 15 minutes avant, pendant et après l'éclipse, celui qui correspond à peu près à la phase maximale est sensiblement moins impressionné que les deux autres. L'éclaircie qui eut lieu à ce moment aurait pu faire prévoir le contraire; on en peut conclure que les variations de la luminosité dues à l'éclipse ont été d'ordre plus grand que celles dues aux variations de nébulosité pendant le phénomène.

BULLETIN SCIENTIFIQUE

PHYSIQUE

A. GOCKEL. — DIE RADIOAKTIVITÆT VON BODEN UND QUELLEN. *Sammlung Vieweg :* Tagesfragen aus den Gebieten der Naturwissenschaften und der Technik, Heft 5. Friedr. Vieweg u. Sohn, Braunschweig 1914.

Nous recevons les premiers numéros d'une nouvelle et très riche collection de monographies publiée par l'excellente maison d'édition de Brunswick sous le titre de *Sammlung Vieweg*. Elle est destinée à offrir au public scientifique l'exposé complet, quoique condensé, des questions les plus actuelles dans le domaine des sciences physiques et biologiques et de leurs applications. Son programme est infiniment étendu et comprend la physique théorique et pratique; — la physique cosmique, l'astrophysique, la météorologie, l'aérologie, l'aéronautique ; — la chimie et toutes ses branches; — la technique marine et aérienne, les moteurs; — la biologie générale, la biophysique, la biochimie, la pharmacologie. Les premier cahiers, tous confiés à la rédaction d'hommes compétents, ont pour titres : 1. Les phénomènes photo-électriques, par Pohl et Pringsheim ; 2. Peroxydes et persels, par C. de Girsewald; 3. L'appareil à voler de Blériot, par P. Béjeuhr; 4. La réfraction dans les gaz, par St. Loria; 5. La radioactivité du sol et des sources, par A. Gockel.

Nous nous arrêtons plus spécialement aujourd'hui à ce dernier, dû, on le voit, à la plume du professeur Gockel de l'Université de Fribourg, notre collaborateur, pour ce qui tient à l'observation de l'électricité atmosphérique en Suisse.

L'étude de la radioactivité du sol, inaugurée par MM. Elster et Geitel, les deux savants physiciens de Wolfenbüttel, ainsi que celle des sources qui y est étroitement liée, et celle de l'air sont encore en pleine période d'élaboration et M. Gockel fait un exposé très complet des méthodes employées comme des résultats déjà obtenus dans cette nouvelle branche de la science.

Il traite d'abord de la radioactivité des différents minéraux qui forment la couche superficielle de la croûte terrestre.

La teneur des minéraux radioactifs en radium est au maximum quelques millionièmes de milligrammes par kilogramme de la roche. Dans la règle, les minéraux d'origine éruptive sont plus radioactifs que les roches sédimentaires. En général, les roches éruptives sont d'autant plus actives qu'elles sont plus acides.

M. Gockel étudie les différentes radioactivités des roches contenant du radium, du thorium, de l'urane, etc., et expose les considérations permettant de déduire de ces dernières l'âge de certaines roches, et cela par la proportion de l'urane au plomb qu'elles contiennent.

Il passe ensuite à la radioactivité de l'air qui s'échappe des capillaires du sol et des terres contenant toujours et jusqu'à des proportions infimes et imperceptibles des substances radioactives puis au rayonnement radioactif du sol.

L'étude de la radioactivité des eaux des sources naturelles et plus particulièrement des eaux thermales est le sujet d'un des chapitres les plus intéressants du traité de M. Gockel, car elle a jeté un jour nouveau sur l'action curative de ces dernières et constitue, par conséquent, une contribution importante pour la médecine. L'air qui circule dans les capillaires du sol contenant de l'émanation qui de sa nature est soluble dans l'eau, il était naturel d'admettre que l'eau qui s'échappe de ce même sol devait en contenir aussi. Les recherches entreprises dans ce sens n'ont pas tardé à confirmer cette hypothèse et la radioactivité reconnue de certaines eaux dans lesquelles l'analyse ne décelait aucun élément chimique spécial a donné l'explication des qualités curatives qu'elles n'en possédaient pas moins. La plupart d'entre elles ne contiennent que de l'émanation de radium qu'elles perdent rapidement avec l'efficacité spéciale qu'elle leur communique, d'autres très exceptionnellement contiennent en quantité infiniment petite du sel de radium dont l'activité se reconnaît à ce qu'elle reste constante.

La plupart des eaux thermales d'Europe, toutes les plus réputées, ont été analysées pour leur radioactivité. M. Gockel donne un tableau dans lequel celle-ci est reproduite en unités de Mach pour 80 d'entre elles. La plus radioactive de toutes se trouve à Joachimsthal, dans les grands gisements de la Pechblinde d'où on extrait le radium (2050 unités Mach), celle de Brambach en Saxe (1964 U M), Ischia (372 UM), une à Gastein (155 U M), une de celles de Baden-Baden (125 U M), Plombières Capucins (94,5 UM) ; en Suisse, nous possédons celles de Dissentis (47,7 U M) et Lavey (11 U M).

En terminant M. Gockel examine les hypothèses formulées par divers auteurs sur le rôle que joue, au point de vue de la température de la croûte terrestre, la radioactivité des roches qui la constituent, mais ne tranche pas la question.

On verra par le peu que nous en avons dit combien de renseignements intéressants ce petit traité donne sur cette branche si nouvelle de la physique, qui a produit déjà une si riche récolte de faits expérimentaux. E. S.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A

L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

PENDANT LE MOIS

D'OCTOBRE 1914

Le 1, rosée matin et soir.
les 2, 3, 4 et 5, rosée le matin.
le 6, petite pluie dans la matinée.
7, forte bise.
10, gelée blanche le matin ; pluie de 8 h. 20 m. à 10 h. du soir
11, très forte bise le matin.
12, gelée blanche le matin.
13, **première gelée blanche à glace de la saison.**
14, rosée le matin ; pluie de 3 h. à 5 h. du soir.
15, petite pluie dans la soirée.
16, pluie de 10 h. 30 m. du matin à 4 h. du soir.
17, pluie de 5 h. à 10 h. du soir ; pluie dans la nuit.
18, brouillard le matin.
19, pluie dans la nuit.
les 21 et 22, rosée le matin.
le 23, pluie de 8 h. à 10 h. du matin.
24, pluie de 8 h. 30 m. à 11 h. 45 m. du matin ; pluie dans la nuit.
25, rosée le soir ; pluie dans la nuit.
26, pluie de 7 h. à 10 h. du matin.
28, pluie de 9 h. 30 m. du matin à 9 h. du soir ; pluie dans la nuit.
29, petite pluie dans la nuit.
30, pluie de 8 h. 25 m. à 10 h. du soir ; pluie dans la nuit.
31, petite pluie dans la matinée.

GENÈVE — OCTOBRE 1914

Jour du mois	Température							Fraction de Saturation en 0/0							Tempér. du Rhône		Limnimètre
	7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 8 Observ.	Ecart avec la normale	Min.	Max.	7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 8 Obs.	Ecart av. la norm.	Min.	Max.	Midi	Ecart avec la normale	
	0	0	0	0	0	0	0								0	0	mm.
1	+ 4.0	+16.1	+11.8	+10.60	- 1.81	+ 2.9	+19.8	97	62	87	81	0	51	98	13.8	- 1.9	1695
2	8.1	19.4	11.2	**12.41**	+ 0.17	5.8	**22.0**	93	60	87	80	- 1	54	95	14.0	- 1.6	1675
3	7.1	15.0	9.4	10.54	- 1.54	5.4	16.0	92	70	92	84	+ 3	67	95	13.8	- 1.6	1695
4	7.0	14.0	13.6	10.90	- 1.01	4.5	15.3	95	65	75	81	0	63	96	—	—	1700
5	10.1	13.9	10.4	11.76	+ 0.02	9.2	14.4	71	48	65	**66**	**-15**	**46**	88	13.8	- 1.4	1695
6	7.2	12.7	11.0	9.88	- 1.69	5.8	13.1	86	62	85	77	- 4	61	93	13.8	- 1.3	1715
7	9.8	13.4	9.3	10.46	+ 0.06	6.8	14.0	80	56	61	70	-11	52	90	14.0	- 1.0	1715
8	6.0	9.4	6.0	7.50	- 3.73	4.0	10.8	78	68	86	77	- 5	61	92	13.3	- 1.5	1710
9	2.7	11.0	6.0	6.96	- 4.09	2.2	12.4	91	68	91	82	0	62	97	13.2	- 1.5	1715
10	1.6	11.2	8.1	6.73	- 4.15	0.8	12.8	98	78	100	91	+ 9	71	100	13.2	- 1.4	1690
11	8.7	10.0	5.6	8.93	- 1.78	4.5	10.8	72	64	73	70	-12	61	82	—	—	1725
12	+ 0.4	9.2	3.8	**5.38**	- **5.15**	+ 0.2	10.8	94	57	95	83	+ 1	53	98	13.2	- 1.1	1700
13	- 0.1	11.6	8.6	6.36	- 4.00	- **0.8**	12.8	98	61	92	84	+ 2	58	98	12.8	- 1.4	1695
14	+ 5.7	11.7	9.2	8.60	- 1.58	+ 5.0	12.2	96	75	96	90	+ 8	71	96	13.2	- 0.9	1710
15	8.2	16.0	10.8	11.26	+ 1.26	7.8	17.2	97	54	87	82	0	52	97	13.2	- 0.8	1700
16	8.0	11.8	9.9	9.96	- 0.13	7.0	12.0	95	90	96	92	+10	80	98	13.6	- 0.2	1665
17	7.2	13.8	10.6	10.40	+ 0.75	5.6	14.6	97	76	100	90	+ 7	73	100	13.4	- 0.3	1650
18	7.8	12.6	10.6	10.20	+ 0.73	7.0	14.2	99	74	83	88	+ 5	71	99	—	—	1735
19	10.2	13.0	11.0	11.15	+ 1.86	9.0	13.5	84	68	83	79	- 4	66	90	13.0	- 0.4	1700
20	11.5	12.2	9.2	10.91	+ 1.80	8.5	13.8	80	74	90	82	- 1	70	95	13.0	- 0.3	1640
21	6.2	14.4	6.9	9.49	+ 0.56	4.8	15.8	97	63	95	85	+ 2	61	100	13.2	0.0	1660
22	1.8	11.4	7.5	6.99	- 1.76	1.4	12.2	100	71	93	89	+ 6	68	100	12.8	- 0.2	1620
23	7.2	12.4	10.0	9.57	+ 1.00	6.8	12.7	97	78	93	90	+ 7	74	98	12.7	- 0.2	1685
24	9.2	12.4	11.1	10.69	+ 2.30	9.0	12.8	97	90	95	**95**	**+12**	88	98	12.5	- 0.2	1660
25	10.8	12.2	7.6	10.65	+ 2.41	7.0	13.1	93	81	98	91	+ 8	76	98	—	—	1625
26	9.0	14.2	10.1	10.76	+ **2.72**	7.0	16.2	97	76	80	85	+ 2	68	98	12.8	+ 0.3	1655
27	6.2	14.0	9.2	9.61	+ 1.78	5.7	15.2	94	55	84	79	- 4	53	95	13.0	+ 0.7	1660
28	7.2	9.8	6.4	7.94	+ 0.26	6.0	10.3	88	81	95	87	+ 4	77	98	12.8	+ 0.6	1580
29	5.8	10.9	7.9	7.94	+ 0.44	4.8	11.8	91	58	84	82	- 1	56	97	12.5	+ 0.4	1670
30	7.4	9.4	9.2	8.66	+ 1.34	6.8	11.4	76	71	86	79	- 4	70	93	12.5	+ 0.6	1650
31	+ 6.6	+ 7.6	+ 7.6	+ 7.34	+ 0.20	+ 4.8	+ 8.8	97	76	80	86	+ 3	72	97	12.0	+ 0.2	1685
Mois	+ 6.73	+12.47	+ 9.03	+ 9.37	- 0.51	+ 5.33	+13.65	91	69	87	83	0			13.15	- 0.83	1677

GENÈVE — OCTOBRE 1914

Jour du mois	Pression atmosphérique 700mm + 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 8 Obs.	Écart av. la norm.	Barographe Min.	Barographe Max.	Vent 7 h.	Vent 1 h.	Vent 9 h.	Vent Dominant	Vit. moy. kil. h.	Nébulosité 7 h.	1 h.	9 h.	Moy. 6 obs.	Durée d'insolation	Pluie Hauteur 24 h.	Pluie Nombre d'heures
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm										h.	mm.	
1	34.2	32.7	32.4	33.12	+ 6.26	31.6	34.3	S. 0	NNE. 1	W. 0	NNE. 1	1.8	0	0	0	0	**10.1**	....	....
2	31.3	30.5	31.9	31.30	+ 1.47	30.2	32.7	S. 0	NNE. 1	SE. 1	NNE. 1	2.5	9	2	0	2	9.5	....	....
3	34.3	33.5	34.3	33.74	+ 6.95	32.7	34.6	SSW. 0	NNE. 1	SW. 0	calme	1.5	7	0	0	3	8.2	....	....
4	34.9	33.6	34.1	**34.05**	+ **7.29**	33.0	**34.9**	SW. 0	NNW. 1	NW. 1	calme	0.7	10	0	10	4	7.4	....	....
5	33.2	32.0	32.1	32.51	+ 5.78	31.4	33.7	NNE. 1	NNE. 3	NNE. 1	NNE. 1	8.4	2	1	9	4	9.4	....	....
6	31.1	30.0	29.6	30.43	+ 3.74	29.1	32.0	SE. 1	NNE. 1	NE. 1	NNE. 1	4.4	9	3	8	8	2.4	0.2	1
7	29.1	29.6	30.3	29.43	+ 2.78	28.2	30.8	NNE. 2	NNE. 2	NNE. 3	NNE. 2	18.0	2	4	0	1	8.8	....	....
8	32.2	32.2	32.0	31.90	+ 5.27	30.8	32.8	ENE. 1	NNE. 1	SW. 0	NNE. 1	9.6	9	3	0	3	5.5	....	....
9	31.3	30.1	29.4	30.58	+ 3.98	28.2	31.8	SW. 1	NNE. 1	SSW. 0	var.	2.3	0	1	0	1	8.7	....	....
10	26.4	24.0	23.9	25.40	− 1.17	23.1	28.2	SSE. 0	NNE. 1	W. 0	NNE. 1	5.0	9	8	10	7	6.3	1.4	2
11	22.7	24.0	25.6	23.95	− 2.59	22.7	26.0	NNE. 3	NE. 2	SSW. 1	NNE. 2	**23.0**	2	5	0	3	3.9	....	....
12	26.9	26.9	27.6	26.88	+ 0.37	26.0	27.8	SSW. 1	NNE. 1	S. 0	N. 1	4.2	2	0	0	0	9.5	....	....
13	27.9	26.5	26.0	26.88	+ 0.20	25.6	28.0	SE. 0	NW. 1	SE. 0	calme	0.8	2	6	9	6	6.2	....	....
14	25.2	25.1	25.4	25.29	− 1.16	25.0	25.6	S. 0	N. 0	S. 0	calme	1.6	7	10	10	9	0.0	0.4	2
15	25.9	26.6	28.0	26.51	+ 0.12	25.3	28.2	SW. 0	SW. 0	SW. 0	calme	1.4	10	9	10	9	2.1	0.1	....
16	27.3	26.9	26.5	27.22	+ 1.18	25.6	28.3	SW. 1	SW. 1	SE. 0	calme	1.6	9	10	2	9	0.3	2.7	6
17	25.0	23.8	25.8	24.89	− 1.48	23.6	26.1	SW. 0	N. 1	SE. 0	calme	1.0	5	9	10	8	3.6	8.0	7
18	25.8	25.1	26.6	25.74	− 0.61	24.8	26.9	S. 1	NE. 1	W. 0	calme	0.8	10	4	10	8	3.1	....	....
19	26.8	26.5	27.1	26.88	+ 0.55	26.5	27.3	NE. 1	NE. 1	N. 1	NNE. 1	6.7	10	10	10	10	0.0	0.3	1
20	27.3	27.0	26.6	27.04	+ 0.73	26.2	27.9	SW. 0	NNE. 1	WNW. 0	calme	1.3	10	7	6	7	1.3	....	....
21	25.9	24.9	25.3	25.46	− 0.83	24.5	26.4	SW. 0	W. 1	S. 0	calme	1.5	3	6	1	3	8.5	....	....
22	25.9	25.5	26.0	25.74	− 0.53	25.0	26.7	SSW. 1	NE. 1	SE. 0	NNE. 1	2.7	10	4	10	7	5.9	....	....
23	26.1	26.0	26.1	26.11	− 0.14	25.7	26.8	S. 0	NE. 0	SSW. 0	calme	0.8	10	10	9	10	0.0	0.2	2
24	25.3	25.7	26.9	25.86	− 0.38	25.0	27.2	S. 0	NE. 0	N. 0	calme	1.6	10	10	10	10	0.0	4.7	5
25	28.5	29.5	30.4	28.97	+ 2.75	26.9	30.5	N. 0	NW. 1	S. 0	calme	1.2	10	10	0	6	0.7	0.4	2
26	27.5	27.0	27.9	27.70	+ 1.49	26.8	29.4	SE. 0	SW. 1	S. 0	SW. 1	5.0	10	10	7	9	0.5	0.6	3
27	26.6	21.5	22.5	25.06	− 1.14	21.6	27.6	S. 1	NE. 0	SW. 0	N. 1	2.5	7	5	10	6	7.7	....	....
28	19.9	18.4	18.0	19.13	− 7.05	16.1	21.6	SE. 0	S. 1	SSW. 1	SSW. 1	2.9	8	10	10	10	0.0	7.2	**13**
29	11.2	10.4	11.0	11.53	−14.61	10.0	16.1	W. 1	SE. 1	SE. 1	SE. 1	3.1	10	9	9	9	2.5	0.2	1
30	7.7	6.9	12.0	**8.99**	**−17.18**	**6.8**	12.8	NE. 1	NW. 0	SSW. 1	var.	6.7	10	9	10	9	1.2	**8.8**	7
31	13.8	15.5	15.9	14.76	−11.40	12.8	16.0	SE. 1	NNE. 1	NNE. 1	NNE. 1	3.8	10	9	9	10	0.5	1.8	1
Mois	26.36	25.82	26.36	26.22	− 0.29							4.14	7.2	6.0	6.1	6.2	133.8	37.0	53

MOYENNES DE GENÈVE. — OCTOBRE 1914

Correction pour réduire la pression atmosphérique de Genève à la pesanteur normale : + 0mm.02. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

Pression atmosphérique : 700mm +

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.	Moyennes
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re déc.	31.86	31.53	31.80	31.80	30.83	30.43	30.74	30.98	31.25
2e »	26.16	26.03	26.07	26.37	25.82	25.72	26.27	26.60	26.13
3e »	22.48	21.69	21.67	21.98	21.28	21.17	21.78	22.00	21.76
Mois	26.69	26.27	26.36	26.56	25.82	25.62	26.02	26.38	26.22

Température.

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.	Moyennes
	°	°	°	°	°	°	°	°	°
1re déc.	+ 7.33	+ 6.15	+ 6.36	+10.71	+13.61	+13.83	+11.29	+ 8.91	+ 9.77
2e »	7.54	6.72	6.76	10.61	12.19	12.11	10.19	8.40	9.31
3e »	7.67	7.25	7.04	10.06	11.70	11.13	9.49	8.14	9.06
Mois	+ 7.52	+ 6.73	+ 6.73	+10.45	+12.47	+12.32	+10.30	+ 8.47	+ 9.37

Fraction de saturation en %.

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.	Moyennes
1re décade	89	90	88	75	64	64	76	85	79
2e »	91	91	91	80	69	74	85	91	84
3e »	93	94	93	83	73	77	85	91	86
Mois	91	92	91	79	69	72	82	89	83

Dans ce mois l'air a été calme 441 fois sur 1000.

Le rapport des vents $\frac{NNE}{SSW} = \frac{78}{27} = 2.89$

Moyennes des 3 observations (7h, 1h, 9h)

	mm
Pression atmosphérique	26.18
Nébulosité	6.4
Température $\frac{7 + 1 + 9}{3}$ ..	+ 9°.41
Température $\frac{7 + 1 + 2 \times 9}{4}$ ..	+ 9°.31
Fraction de saturation	82 %

Valeurs normales du mois pour les éléments météorologiques, d'après Plantamour :

	mm
Press. atmosphér.. (1836-1875).	726.51
Nébulosité.. ..... (1847-1875).	6.9
Hauteur de pluie.. (1826-1875).	101mm.0
Nombre de jours de pluie. (id.).	12
Température moyenne ... (id.).	+ 9°.88
Fraction de saturat. (1849-1875).	83 %

Observations météorologiques faites dans le canton de Genève

Résultats des observations pluviométriques

Station	CÉLIGNY	COLLEX	CHAMBÉSY	CHATELAINE	SATIGNY	ATHENAZ	COMPESIÈRES
Hauteur d'eau en mm.	52.4	35.8	39.3	33.3	28.4	26.9	30.5

Station	VEYRIER	OBSERVATOIRE	COLOGNY	PUPLINGE	JUSSY	HERMANCE
Hauteur d'eau en mm.	34.0	37.0	35.0	?	47.9	43.0

Insolation à Jussy : 97.9 h.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU

GRAND SAINT-BERNARD

PENDANT LE MOIS

D'OCTOBRE 1914

Les 4, 5, 6, 10, 23, 26 et 28, brouillard.
6, 15, 16, 17, 18, 19, 24, 28, 29, 30 et 31, neige.
5 et 6, forte bise.
14, 15, 16, 22 et 28, fort vent.
30 et 31, vent très violent.

Le 20, gel complet du lac.

GRAND SAINT-BERNARD — OCTOBRE 1914

Jour du mois	Pression atmosphérique 500mm + 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Ecart av. la norm.	Barographe Min.	Barographe Max.	Vent 7 h.	Vent 1 h.	Vent 9 h.	Vent Dominant	Nébulosité 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Pluie Hauteur (24 h.)	Neige Hauteur (24 h.)
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.									mm.	cm.
1	72.0	71.8	71.5	**71.8**	+ **5.9**	71.0	72.1	NE. 0	NE. 0	NE. 0	NE. 0	1	0	0	0	....	....
2	69.4	69.0	69.4	69.3	+ 3.5	68.8	71.0	NE. 1	NE. 1	NE. 2	NE. 1	2	1	5	3	....	....
3	70.4	71.4	72.3	71.4	+ 5.7	69.8	**72.5**	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	1	1	0	1	....	....
4	71.5	71.0	70.0	70.8	+ 5.2	69.2	72.3	NE. 1	NE. 1	NE. 2	NE. 1	0	0	10	3	...	....
5	68.0	67.6	67.4	67.7	+ 2.2	66.8	69.2	NE. 2	NE. 1	NE. 1	NE. 1	10	1	10	7	1.2	1
6	65.4	65.8	65.0	65.4	0.0	65.0	66.8	NE. 3	NE. 1	NE. 1	NE. 2	10	10	10	10	....	....
7	66.0	66.0	66.8	66.3	+ 1.0	65.1	67.2	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	0	0	0	0	....	....
8	68.2	68.5	68.8	68.5	+ 3.3	67.2	68.8	NE. 2	NE. 1	NE. 0	NE. 1	0	0	0	0	....	...
9	67.4	68.0	67.6	67.7	+ 2.6	67.0	68.6	NE. 1	NE. 0	NE. 0	NE. 0	0	0	0	0	....	....
10	63.8	61.6	61.0	62.1	− 3.0	60.7	67.0	NE. 1	NE. 1	NE. 2	NE. 1	0	10	10	7	4.5	5
11	60.1	60.6	61.0	60.6	− 4.4	60.0	61.4	NE. 1	SW. 1	NE. 1	NE. 1	1	8	10	6	...	....
12	62.2	63.3	65.0	63.5	− 1.4	61.1	65.1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	0	0	0	0	....	...
13	65.3	65.3	65.5	65.4	+ 0.6	65.3	65.6	NE. 0	SW. 1	SW. 1	SW. 1	0	2	0	1	....	...
14	65.0	65.1	65.3	65.1	+ 0.1	65.0	65.4	SW. 1	SW. 2	SW. 3	SW. 2	1	10	10	7	....	....
15	65.1	66.3	67.4	66.3	+ 1.7	65.0	67.6	SW. 4	SW. 4	SW. 2	SW. 3	10	10	10	10	1.0	1
16	67.0	66.8	56.4	66.7	+ 2.2	66.0	67.2	SW. 2	SW. 4	SW. 3	SW. 3	10	10	10	10	5.0	7
17	64.7	64.1	64.0	64.3	− 0.1	63.8	66.0	SW. 2	SW. 1	SW. 1	SW. 1	10	10	10	10	15.4	12
18	63.7	63.5	64.7	64.0	− 0.4	63.5	64.8	SW. 1	SW. 2	SW. 1	SW. 1	10	10	10	10	4.0	5
19	64.4	64.4	65.0	64.6	+ 0.3	64.3	65.0	SW. 1	SW. 2	SW. 1	SW. 1	4	10	10	8	9.0	10
20	64.6	64.7	64.3	64.5	+ 0.3	63.8	65.0	SW. 1	SW. 1	NE. 1	SW. 1	3	10	10	8	4.0	5
21	62.7	62.8	63.3	62.9	− 1.2	62.6	63.5	NE. 1	SW. 1	SW. 1	SW. 1	0	1	1	1	....	....
22	63.5	64.5	65.0	64.3	+ 0.3	63.5	65.2	SW. 1	SW. 2	SW. 3	SW. 2	0	0	0	0	...	...
23	65.2	64.5	65.0	64.9	+ 0.9	64.4	65.2	SW. 1	SW. 1	SW. 1	SW. 1	10	10	10	10	....	....
24	64.3	64.5	65.3	64.7	+ 0.8	64.2	66.0	SW. 1	SW. 1	SW. 1	SW. 1	10	10	2	7	7.5	1
25	66.4	67.1	68.2	67.2	+ 3.4	66.0	68.2	SW. 1	NE. 2	NE. 1	NE. 1	8	3	0	4	....	....
26	65.2	65.4	65.0	65.5	+ 1.8	64.5	67.1	SW. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	10	10	10	10	...	....
27	63.5	62.3	61.0	62.3	− 1.2	59.2	64.5	NE. 1	NE. 0	NE. 1	NE. 1	2	0	4	2	...	....
28	58.6	57.4	55.0	57.0	− 6.6	53.6	59.2	SW. 1	SW. 4	SW. 1	SW. 2	10	10	10	10	**30.0**	**23**
29	49.6	50.8	52.8	**51.1**	− **12.4**	**49.5**	53.6	SW. 1	SW. 1	NE. 2	SW. 1	10	8	10	9	19.6	17
30	51.4	52.6	53.5	52.5	− 10.9	51.3	53.5	SW. 4	SW. 5	SW. 6	SW. 5	10	10	10	10	29.0	20
31	52.0	54.2	55.3	53.8	− 9.6	51.8	55.5	SW. 5	SW. 5	SW. 1	SW. 4	10	10	10	10	11.0	7
Mois	64.12	64.22	64.45	64.26	− 0.34							4.9	5.6	6.2	5.6	141.2	114

GRAND SAINT-BERNARD — OCTOBRE 1914

Jour du mois	Température							Fraction de saturation en %					
	7 heures	1 heure	9 heures	Moyenne 3 Observ.	Ecart avec la normale	Minimum	Maximum	7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Min.	Max.
	°	°	°	°	°	°	°						
1	+ 4.0	+ 9.4	+ 4 0	+ **5.8**	+ **4.3**	+ 3.4	+ **10.3**	41	36	57	45	32	78
2	1.2	5.4	0.4	2.3	+ 0.9	+ 0.3	6.0	80	61	98	80	42	98
3	0.2	5.2	+ 3.2	2.9	+ 1.7	+ 0.1	7 0	46	37	41	**41**	**15**	86
4	+ 2.5	5.4	− 0.2	+ 2.6	+ 1.5	− 0.7	6.3	30	42	99	57	20	100
5	− 2.1	+ 0.3	− 2.8	− 1.5	− 2.9	− 3.3	+ 1.2	99	54	95	83	48	100
6	− 3.9	− 1.0	− 2.2	− 2.4	− 3.2	− 4.0	0.0	95	95	96	95	57	98
7	− 4.6	0.0	− 0.2	− 1.6	− 2.2	− 4.8	+ 2.0	96	81	44	74	26	97
8	0.0	+ 4.5	+ 0.6	+ 1.7	+ 1.2	− 0.2	5.1	33	44	64	47	28	65
9	+ 1.5	6.3	+ 2.8	+ 3 5	+ 3.2	− 0.2	7.2	57	51	60	56	47	64
10	− 0.4	+ 0.7	− 2.4	− 0.7	− 0.9	− 2.8	+ 2.3	69	93	96	86	53	97
11	− 3.6	− 0.7	− 4.0	− 2.8	− 2.8	− 4.2	− 0.2	97	87	95	93	76	98
12	− 3.8	+ 1.6	− 0.2	− 0.8	− 0.7	− 4.4	+ 2.8	46	32	44	**41**	23	92
13	− 2.0	+ 3.2	− 0.2	+ 0.3	+ 0.6	− 2.2	+ 4.6	41	48	52	47	38	61
14	− 1.0	− 1.4	− 2.7	− 1.7	− 1.3	− 3.8	0.0	53	62	65	60	50	87
15	− 5.2	− 3.7	− 3.2	− **4.0**	− **3.4**	− 5.3	− 2.8	96	96	96	96	76	98
16	− 2.1	− 1.0	− 1.7	− 1.6	− 0.9	− 2.8	− 0.7	96	96	96	96	81	98
17	− 1.0	− 0.1	− 1.4	− 0.8	+ 0.1	− 1.7	+ 0.8	96	98	94	96	85	98
18	− 2.0	− 0.9	− 1.9	− 1.6	− 0.5	− 2.2	− 0.6	92	92	94	93	82	96
19	− 3.6	− 1.5	− 1.9	− 2.3	− 1.1	− 3.8	− 0 5	88	85	85	86	81	92
20	− 4.2	− 2.2	− 3.1	− 3.2	− 1.8	− 4.5	− 2.0	91	87	90	89	83	93
21	− 5.5	− 0.2	− 3.2	− 3.0	− 1.5	− **5.7**	+ 0.6	84	72	78	78	64	87
22	− 5.0	− 1.2	− 2.2	− 2.8	− 1.1	− 5.2	0.4	67	72	82	74	63	85
23	− 2.4	− 0.5	− 1.2	− 1.4	+ 0.4	− 2.5	0.5	86	87	96	90	78	97
24	− 1.6	− 0.6	− 1.3	− 1 2	+ 0.8	− 1.6	0.6	97	97	96	**97**	94	98
25	− 1.7	+ 2.0	− 1.3	− 0.3	+ 2.4	− 1.8	2.7	93	73	84	83	68	94
26	− 1.0	+ 2.8	− 0.5	+ 0.4	+ 2.7	− 1.4	3.2	91	80	95	89	54	97
27	− 4.3	− 1.0	− 2.0	− 2.4	0.0	− 4.8	+ 0.8	96	69	62	76	56	97
28	− 3.8	− 3 0	− 4.1	− 3.6	− 1.0	− 4.4	− 2.1	95	96	94	95	76	96
29	− 4.8	− 2.2	− 4.6	− 3.9	− 1.2	− 5.6	− 1.8	92	92	93	92	88	94
30	− 3.8	− 2 7	− 1.7	− 2.7	+ 0.2	− 4.5	− 0.8	92	96	97	95	90	98
31	− 2.2	− 2.2	− 4.4	− 2.9	+ 0.1	− 4.8	− 0.5	97	97	94	96	92	98
Mois	− 2.11	+ 0.67	− 1.41	− 0.96	− 0.48	− 2.88	+ 1.69	78	75	82	78		

MOYENNES DU GRAND SAINT-BERNARD — OCTOBRE 1914

Correction pour réduire la pression atmosphérique du Grand Saint-Bernard à la pesanteur normale : — 0mm.22. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

Pression atmosphérique : 500mm + — **Fraction de saturation en %**

	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
	mm	mm	mm	mm				
1re décade	68.21	68.07	67.98	68.09	65	59	75	66
2e »	64.21	64.41	64.86	64.49	80	78	81	80
3e »	60.31	60.55	60.85	60.57	90	85	88	88
Mois	64.12	64.22	64.45	64.26	78	75	82	78

Température.

	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne. $\frac{7+1+9}{3}$	Moyenne. $\frac{7+1+2\times 9}{4}$
	°	°	°	°	°
1re décade	— 0.16	+ 3.62	+ 0.32	+ 1.26	+ 1.02
2e »	— 2.85	— 0.67	— 2.03	— 1.85	— 1.89
3e »	— 3.28	— 0.80	— 2.41	— 2.16	— 2.22
Mois	— 2.14	+ 0.67	— 1.41	— 0.96	— 1.07

Dans ce mois l'air a été calme 86 fois sur 1000

Le rapport des vents $\frac{NE}{SW} = \frac{47}{92} = 0.51$

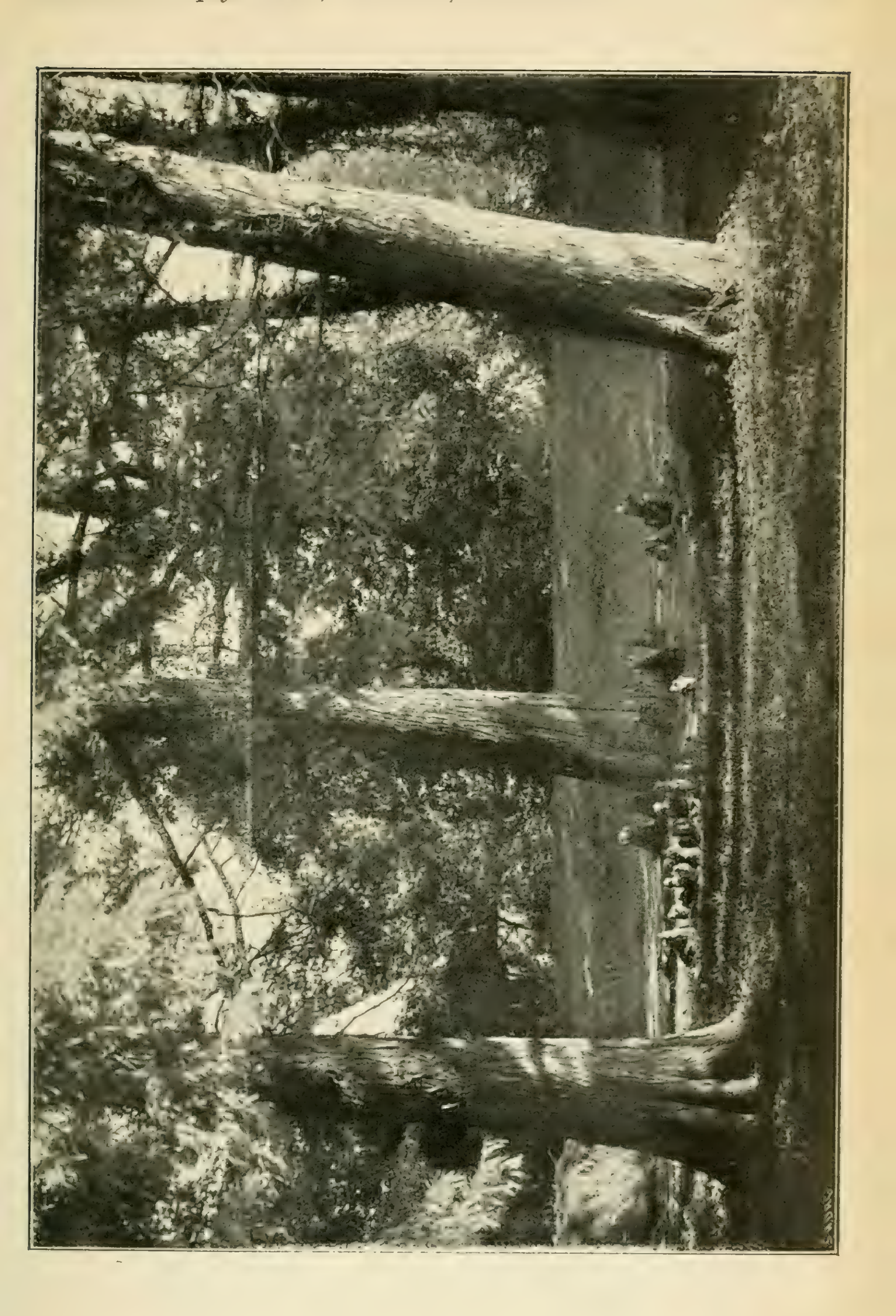
Pluie et neige dans le Val d'Entremont.

Station	Martigny-Ville	Orsières	Bourg-St-Pierre	St-Bernard
Eau en millimètres.....	73.0	111.3	165.2	141.2
Neige en centimètres....	—	—	55	114

Taxodium distichum Rich. avec ses pneumatophores.



Le même au milieu du groupe de la campagne Sarasin
(au fond le talus de la digue de la carpière).



Saule supportant un noisetier et un cerisier épiphytes.
Les flèches indiquent :
Celle du haut le tronc et les deux autres la racine aérienne du cerisier.

(N.-B. — Il est à remarquer que le tronc du saule n'a pas été ouvert artificiellement, mais que l'intérieur est ainsi exposé aux intempéries depuis de longues années).



LA THÉORIE DES PROBABILITÉS

ET

LA PHYSIQUE

PAR

Edouard GUILLAUME

(PREMIÈRE PARTIE)

> Il faut donc bien que le hasard soit autre chose que le nom que nous donnons à notre ignorance.
> H. POINCARÉ.

§ 1.

LES NOTIONS DE BRASSAGE, D'INDÉPENDANCE ET DE COMPLICATION. — *Le brassage parfait.* — LE HASARD DANS LE PHÉNOMÈNE OU *hasard objectif.* — LES NOTIONS *d'approximation* ET DE *relativité* APPLIQUÉES AU HASARD.

1. Dans les méthodes statistiques, il est d'usage de comparer le phénomène que l'on veut étudier, à l'un des phénomènes simples déjà étudiés et calculés dans la Théorie élémentaire des Probabilités.

Comme phénomène de comparaison, on propose habituellement des tirages dans des urnes, et l'on fait ce que l'on appelle un « schéma des urnes ».

Mais nous ne pourrons véritablement nous rendre compte de la légitimité de la comparaison que si nous connaissons le mécanisme du phénomène auquel on compare.

Lorsque nous faisons une série de tirages dans une urne, en remettant chaque fois la boule dans celle-ci, nous savons qu'il

faut, au moins de temps en temps, agiter l'urne pour produire un « brassage » des boules qui y sont contenues. L'expérience nous a appris, en effet, que cette précaution est indispensable si l'on veut que les probabilités des tirages successifs soient *indépendantes*.

Pourquoi le brassage produit-il cette indépendance? Et d'abord qu'est-ce cette indépendance? Quelle signification précise convient-il de lui donner?

Ces difficiles questions sont d'une importance fondamentale pour le sujet qui nous occupe. Nous allons essayer de les approfondir. Nous serons ainsi conduit à préciser la notion même de hasard.

Ce sera l'objet de ce paragraphe.

Nous nous appuierons sur les importants travaux de H. Poincaré. Ce savant a fait une très belle analyse d'un cas particulier de brassage : le battage d'un jeu de cartes.

Nous allons commencer par exposer brièvement cette analyse. Puis, nous en déduirons les notions fondamentales qui feront la base de notre travail.

2. Considérons un jeu de cartes. Les cartes s'y suivent dans un certain ordre que nous prendrons pour initial. Battons le jeu. Après l'opération, les cartes seront, en général, dans un ordre différent du premier.

La question qui se pose est alors la suivante : cet ordre dépend-il de l'ordre initial? Si oui, comment en dépend-il?

C'est, pourrait-on dire, un *brassage à une dimension*, le brassage des boules dans l'urne étant alors à *trois dimensions*. On comprend que celui-là puisse éclairer celui-ci, et qu'il soit, par sa simplicité relative, plus accessible à l'analyse mathématique.

Ces brassages ne font intervenir que des changements de « places » d'objets par rapport à d'autres objets : ils ne font appel qu'à l'idée de *rang*. Employant une expression de la théorie des nombres, on peut dire qu'ils reposent sur l'idée d'ensembles dénombrables et non sur la notion d'ensembles ayant la puissance du continu, comme c'est le cas pour les brassages de milieux continus, de liquides par exemple.

3. Nous ne donnerons pas les calculs complets de Poincaré. Nous nous contenterons de reproduire la démonstration sim-

plifiée que ce savant a exposée dans l'admirable préface de son *Calcul des Probabilités*.

Considérons un joueur qui bat un jeu de cartes. A chaque battement, l'ordre des cartes est interverti, et il peut l'être de plusieurs manières. « Supposons trois cartes seulement pour simplifier l'exposition. Les cartes qui, avant le premier battement, occupaient respectivement le rang 123, pourront, après le premier battement, occuper les rangs

123 , 231 , 312 , 321 , 132 , 213 .

« Chacune de ces hypothèses est possible, et elles ont respectivement pour probabilités :

$$p_1 \quad , \quad p_2 \quad , \quad p_3 \quad , \quad p_4 \quad , \quad p_5 \quad , \quad p_6 \; .$$

« La somme de ces six nombres est égale à 1 ; mais c'est tout ce que nous en savons ; ces six probabilités dépendent naturellement des habitudes du joueur, que nous ne connaissons pas.

« Au second battement et aux suivants, cela recommencera et dans les mêmes conditions ; je veux dire que p_4, par exemple, représente toujours la probabilité pour que les trois cartes qui occupaient après le n^e battement et avant le $(n-1)^e$ les rangs 123, pour que ces trois cartes, dis-je, occupent les rangs 321 après le $(n+1)^e$ battement. Et cela reste vrai, quel que soit le nombre n, puisque les habitudes du joueur, sa façon de battre, restent les mêmes.

« Mais, si le nombre des battements est très grand, les cartes qui, avant le premier battement, occupaient les rangs 123, pourront, après le dernier battement, occuper les rangs

123 , 231 , 312 , 321 , 132 , 213 ,

et la probabilité de ces six hypothèses sera sensiblement la même et égale à $\frac{1}{6}$; et cela sera vrai, quels que soient les nombres p_1 , . . . , p_6 , que nous ne connaissons pas. Le grand nombre des battements, c'est-à-dire, la complexité des causes, a produit l'uniformité.

« Cela s'appliquerait sans changement, s'il y avait plus de trois cartes ; mais même avec trois cartes, la démonstration serait compliquée; je me contenterai ici de la donner pour deux cartes seulement. Nous n'avons plus que deux hypothèses :

$$12 \quad , \quad 21 \ ,$$

avec les probabilités p_1 et $p_2 = 1 - p_1$. Supposons n battements, et supposons que je gagne 1 franc, si les cartes sont finalement dans l'ordre initial et que j'en perde 1 si elles sont finalement interverties. Alors, mon espérance mathématique sera

$$(p_1 - p_2)^n \ .$$

« La différence $p_1 - p_2$ est certainement plus petite que 1 ; de sorte que, si n est très grand, mon espérance sera nulle ; nous n'avons pas besoin de connaître p_1 et p_2 pour savoir que le jeu est équitable.

« Il y aurait une exception, toutefois, si l'un des nombres p_1 et p_2 était égal à 1 et l'autre nul. *Cela ne marcherait plus alors parce que nos hypothèses initiales seraient trop simples.* »

4. En résumé, lorsque nous observons un joueur, ses mouvements nous apparaissent si compliqués que nous devons renoncer à en découvrir les *lois*. Mais, si notre pouvoir discriminatif trop faible, ne nous permet pas d'apercevoir ces lois, il nous permet toutefois de distinguer quelque chose d'approchant. En effet, les mouvements du joueur ne semblent pas complètement décoordonnés, et nous exprimons ce fait en disant que le joueur a certaines *habitudes*. De l'existence de ces habitudes, nous concluons que certains ordres doivent se présenter plus fréquemment que d'autres. Ce sont ces degrés de fréquence qu'expriment les nombres p. C'est là un sens parfaitement concret.

L'analyse de Poincaré montre alors que quelles que soient les valeurs numériques de ces nombres, c'est-à-dire les habitudes du joueur, le résultat final reste le même pourvu qu'on choisisse n suffisamment grand.

Mais, si nous voulons pénétrer profondément dans le mécanisme du phénomène, nous devrons serrer la réalité de plus près et, pour cela, imaginer que l'on exécute réellement l'expé-

rience. Supposons donc que l'on fasse un très grand nombre de séries de n battements, n étant choisi relativement petit, et que l'on note chaque fois les ordres obtenus. Peut-on espérer mettre en évidence la loi de probabilité correspondante ?

Le système que nous étudions se compose de deux éléments : le joueur et le jeu de cartes. Si l'expérience est de longue durée, le système sera, à la fin des opérations, sensiblement différent de ce qu'il était au début. L'organisme de l'opérateur se modifie peu à peu, de sorte que les habitudes changent : les p ne peuvent être considérés comme des constantes, ainsi que le suppose implicitement Poincaré ; il faudrait les envisager comme des fonctions variant lentement avec le temps. Mais, de plus, si l'opérateur a longtemps les cartes en mains, celles-ci se modifieront aussi : le frottement de glissement entre deux cartes, le bord de chacune d'elles qui joue un rôle dans la prise, leur forme, etc., s'altèreront, et, en général, ces altérations ne se feront pas de façon systématique, de sorte que les cartes perdront les caractères de symétrie indispensables qu'on leur attribue implicitement pour établir la théorie.

Ainsi, si l'on voulait tenter réellement l'expérience, on pourrait être à peu près sûr de ne mettre aucune habitude en évidence. Le hasard se trouve réalisé beaucoup mieux que ne le prévoit la théorie, parce que le système joueur-cartes envisagé est encore plus compliqué que l'admettait notre schéma. Certes, il pourrait arriver que certains ordres sortissent plus fréquemment que d'autres. Mais nous aurions le choix de conclure, soit à des séries exceptionnelles, soit à un certain automatisme momentané dans les mouvements du joueur. En continuant l'expérience assez longtemps, la transformation inévitable du système finirait toujours par nous faire conclure à l'absence d'automatisme.

5. Voyons maintenant quelles conséquences nous pouvons tirer de ce qui précède.

Nous admettrons que les p ne dépendent pas du temps. Nous écarterons, en outre, comme également éloignés de la réalité :

1° le cas où l'un des p est égal à 1 et où tous les autres sont nuls ;

2° le cas où tous les p seraient égaux entre eux, c'est-à-dire

où toutes les permutations seraient également probables après un seul battement. Il faudrait, en effet, que le joueur qui a le jeu en main, ne possédât jamais aucune habitude, que ses mouvements fussent parfaitement décoordonnés.

6. Pratiquement, nous distinguerons deux cas principaux :

1° le joueur a de fortes habitudes, l'un des p est voisin de 1, les autres voisins de zéro. Dans ce cas, n devra être très grand, c'est-à-dire, le joueur devra battre le jeu un très grand nombre de fois pour que l'ordre final soit à peu près indépendant de l'ordre initial;

2° le joueur n'a presque pas d'habitudes, les différents p sont tous à peu près égaux entre eux. Dans ce cas, n pourra être relativement petit.

7. Introduisons maintenant les *limites* des deux cas précédents. Pour cela nous imaginerons des opérateurs fictifs :

1° ou bien qui n'ont aucune habitude;

2° ou bien qui ont certaines habitudes, mais peuvent effectuer un nombre infini de battements en un temps très court τ.

Pour abréger, nous pourrons appeler « *démons* » ces opérateurs fictifs.

Nous conviendrons de dire que l'ordre final des cartes d'un jeu ainsi battu, a été obtenu par le *brassage parfait,* et nous aurons immédiatement cette proposition :

L'ordre final des cartes, obtenu par le brassage parfait, ne dépend pas de l'ordre initial.

Il en résulte que toutes les probabilités que nous pourrons établir sur les rangs qu'occupent telles ou telles cartes dans l'ordre final, seront rigoureusement indépendantes de l'ordre initial.

8. Les résultats qui précèdent nous suggèrent une généralisation importante.

Considérons, en effet, un ensemble d'événements obtenus à l'aide d'opérations effectuées par des « démons », et dans des conditions telles que ces événements puissent être regardés comme rigoureusement indépendants les uns des autres. Les démons et les objets dont ils se servent (cartes, boules, dés, etc.), forment un système auquel s'appliquera rigoureusement la *loi des écarts.* Nous obtenons de la sorte un système limite

évoluant suivant le hasard pur. Nous dirons que le hasard est dans le système (objet), et nous conviendrons de l'appeler *hasard objectif*. Les probabilités correspondantes seront appelées *probabilités objectives parfaites* ou, plus simplement, *probabilités objectives*.

Remarquons que la loi des écarts nous donne un critère mathématique de la présence du hasard. Nous le considérons comme fondamental.

Nous verrons plus tard toute la portée de cette remarque (cf. n°s 12 et 27).

9. Le passage à la limite que nous venons d'effectuer offre ainsi les avantages suivants :

1° il nous permet de bien préciser la notion de probabilités *rigoureusement indépendantes* appliquée à des événements successifs (cf. n° 10) ;

2° il nous conduit à la *notion d'approximation* dans les probabilités (cf. n° 15) ;

3° il permet d'introduire la *notion de temps* en probabilité, nécessaire dans les applications à la Physique (cf n° 16) ;

4° il a été effectué sur un phénomène relativement simple que l'on peut prendre comme phénomène de comparaison (cf. § 2).

10. En ce qui concerne le premier point, il faut, en effet, remarquer que pour la compréhension et l'emploi d'un concept, il est toujours avantageux d'abstraire de l'expérience une notion pure, par un passage à la limite convenable qui en donne la genèse, comme on le fait par exemple pour acquérir les notions de ligne droite, de corps solide, de mouvement rectiligne et uniforme, etc., autour desquels viennent se grouper les lignes à peu près droites, les corps à peu près solides, etc., que nous voyons autour de nous. Il est évident que le concept d'« indépendance parfaite » ne peut être qu'un concept limite, qui exige un « passage » pour devenir intelligible. Ici nous avons vu qu'on peut l'acquérir de deux façons distinctes, soit que nous imaginions des êtres capables de n'avoir aucune habitude, dont les mouvements, autrement dit, sont parfaitement décoordonnés, soit que nous imaginions des êtres comme nous, dans les mouvements desquels on peut apercevoir une certaine coordination. Mais alors l'indépendance ne pourra être parfaite

que si le nombre de battements devient infini. Il y a là une discontinuité remarquable qui jette un jour précieux sur toute la question : lorsqu'on passe du premier cas au second, c'est-à-dire, de celui où les p sont tous égaux à celui où les p diffèrent les uns des autres, le nombre de battements passe brusquement de la valeur 1 à une valeur infinie. Or, adopter le premier cas, revient purement et simplement à postuler d'emblée l'indépendance parfaite. Le second cas nous montre que *sitôt que l'on introduit une* coordination, *si faible soit-elle, il faut une infinité de coups pour faire disparaître toute trace de l'ordre initial.*

Ceci ne peut trop nous surprendre : si l'on veut que l'ordre final ne conserve « *rien* » de l'ordre initial, il nous paraîtra naturel de faire appel à l'idée d' « infini », seule l'idée d'infini étant compatible avec l'idée de « rien » pour notre esprit habitué à la détermination.

11. Pour éclaircir complètement la question, nous allons nous placer à un point de vue différent et, partir de la notion même de *loi.*

Pour cela, imaginons, alignées les unes à côté des autres, k cases numérotées de 1 à k et, sur chaque case, une carte d'un jeu de k cartes également numérotées de 1 à k. Nous supposerons que ces cartes sont permutées sur les cases par une *machine,* suivant une certaine *loi.*

Nous ferons le relevé périodique aux temps t_0, $t_0 + \tau$, $t_0 + 2\tau$, ..., des distributions réalisées à ces instants, et nous les noterons pour obtenir un diagramme de la marche du phénomène.

Nous appellerons *état* du système, chaque configuration de la machine et des cartes correspondant à une distribution déterminée. Il y aura donc en tout $k!$ états possibles.

Ceci posé, supposons d'abord que la loi est « simple », c'est-à-dire exprimable par une relation analytique simple ou par un petit nombre de mots. Il sera possible, dans ce cas, de trouver une carte i et h cases de rang α_1, α_2, ..., α_h, telles que la dite carte ne se trouve pas du tout, en moyenne, à peu près h fois sur k dans l'une des h cases choisies, et que la loi des écarts ne soit pas satisfaite, même d'une façon grossièrement approximative. Mais à mesure que la loi deviendra de plus en

plus compliquée, il sera de plus en plus difficile de trouver la carte et la ou les cases qui réalisent ces conditions. Le rapport observé tendra vers la valeur $\frac{h}{k}$.

Or, si compliquée que nous imaginions une machine, elle ne pourra pas être *infiniment compliquée,* autrement dit, il arrivera un moment où la permutation initiale se reproduira, et où les permutations suivantes se succèderont toujours dans un même ordre.

Ce fait, qui nous paraît ici évident, n'est que la conséquence du théorème fondamental de Poincaré sur les systèmes mécaniques à un nombre fini de degrés de liberté.

La limite ne pourra donc être réellement atteinte, et la loi des écarts rigoureusement satisfaite, que si nous imaginons, pour la succession des distributions, une *loi infiniment compliquée,* c'est-à-dire, une loi qui se présente avec une suite indéfinie de différences, en supposant les observations indéfiniment continuées.

Il y a une infinité de lois infiniment compliquées qui satisfont à ces conditions[1]. Le phénomène limite se confondra alors avec le brassage parfait. Dans ce cas, le système passera nécessairement une infinité de fois par tous les états possibles.

12. En résumé, *plus un phénomène obéit à une loi compliquée, plus il devient identifiable avec un phénomène dû au hasard parfait.* On peut dire que la complication de plus en plus grande finit par créer une sorte d'homogénéité exprimable par des relations relativement très simples, et valables d'autant plus rigoureusement que la complication est plus parfaite. Cette création de simplicité par la complication est mise à profit à chaque instant dans toutes les théories cinétiques ; ceci tient à ce que, dans un système physique compliqué, c'est-à-dire ayant un nombre immense de degrés de liberté, seules les propriétés d'ensemble nous intéressent. Ces propriétés ne dépendent pas de la loi particulière que suit le phénomène tant que cette loi conserve une complication suffisante. Comme nous l'avons déjà remarqué, il y a une infinité de lois compliquées qui donnent

[1] Nous supposons qu'on considère ces lois d'une époque t_0 finie à $t = +\infty$, et non pas de $t = -\infty$ à $t = +\infty$.

les mêmes propriétés d'ensemble, tandis qu'il n'y a qu'un nombre restreint de lois simples qui donneraient ces propriétés.

Ce qui précède nous explique pourquoi le hasard est lié intimement à une loi bien définie : la *loi des écarts*. Cette loi n'est pas autre chose que l'expression de cette sorte d'homogénéité dont nous venons de reconnaître l'existence. Il est, dès lors, commode de prendre cette loi, qui possède une forme mathématique bien déterminée, comme critère fondamental de l'existence du hasard.

13. Nous pouvons maintenant essayer de synthétiser les deux points de vue que nous venons d'examiner (n°s 4 — 10 et n°s 11 — 12). Remarquons d'abord que c'est bien une loi infiniment compliquée que suivent les démons lorsqu'ils battent un jeu par une infinité de coups. Nous avons exprimé le résultat de cette opération en disant que l'ordre final des cartes était rigoureusement indépendant de l'ordre initial. Si donc, par une généralisation facile, nous envisageons un phénomène dans les différents états qu'il traverse, et si nous pouvons dire qu'un état « ne conserve rien » de l'état précédent, nous pourrons écrire l'égalité limite :

Etats parfaitement indépendants = Etats réunis par loi infiniment compliquée.

Chacun des membres de cette égalité n'exprime pas autre chose que l'incapacité de savoir, étant donné un état et ceux qui précèdent, ce que sera l'état suivant. Le premier membre correspond à la notion courante de hasard, et nous voyons que, si l'on définit habituellement le hasard par l'absence de causalité, on peut également le définir en conservant la causalité, mais en introduisant l'infinie complication. Les deux cas reviennent bien, en effet, à une seule et même chose : l'*impuissance à prévoir*. Toutefois, cette impuissance n'est pas quelconque. Elle ne résulte pas simplement du fait qu'on *ignore* la loi, mais bien de ce que la loi, par sa nature même, échappe à notre discrimination.

Selon Kant, la causalité n'est qu'une forme que l'entendement impose à nos connaissances pour les rendre intelligibles.

Dans les sciences, la causalité semble s'imposer à l'esprit avec une nécessité absolue et vient se confondre avec le déterminisme. Aussi bien, il semble très paradoxal d'introduire le concept de hasard en Physique et en Mathématiques, et les discussions sur ce sujet sont nombreuses et loin d'être épuisées. Du point de vue où nous nous plaçons ici, il n'y a plus d'antinomie entre le hasard et la notion de loi. En un mot, on pourra introduire utilement la notion de hasard toutes les fois où les lois sont suffisamment compliquées. Dès lors, si quelqu'un venait nous révéler ces lois, les calculs fondés sur l'homogénéité due à la complication, n'en conserveraient pas moins toute leur valeur pratique.[1]

14. Ces considérations réduisent à néant l'idée mystérieuse que l'on se fait vulgairement du hasard, pris à tort dans un sens absolu, et permettent de préciser les différentes formes que revêtent nos relations avec les choses.

Il importe de remarquer, en effet, qu'une même relation est souvent susceptible de bien des formes différentes, que quelques unes de ces formes peuvent être simples tandis que d'autres sont très ou même infiniment compliquées. Autrement dit, là comme ailleurs, les notions sont relatives, et l'on est parfaite-

[1] Cf H. Poincaré, *loc. cit.* p. 3 : « Il faut donc bien que le hasard soit autre chose que le nom que nous donnons à notre ignorance, que parmi les phénomènes dont nous ignorons les causes, nous devions distinguer les phénomènes fortuits, sur lesquels le calcul des probabilités nous renseignera provisoirement, et ceux qui ne sont pas fortuits et sur lesquels nous ne pouvons rien dire, tant que nous n'aurons pas déterminé les lois qui les régissent. Et pour les phénomènes fortuits eux-mêmes, il est clair que les renseignements que nous fournit le calcul des probabilités ne cesseront pas d'être vrai le jour où ces phénomènes seront mieux connus.

« Le directeur d'une compagnie d'assurance sur la vie ignore quand mourra chacun de ses assurés, mais il compte sur le calcul des probabilités et sur la loi des grands nombres et il ne se trompe pas, puisqu'il distribue des dividendes à ses actionnaires. Ces dividendes ne s'évanouiraient pas si un médecin très perspicace et très indiscret venait, une fois les polices signées, renseigner le directeur sur les chances de vie des assurés. Ce médecin dissiperait l'ignorance du directeur, mais il n'aurait aucune influence sur les dividendes qui ne sont évidemment pas un produit de cette ignorance. »

ment en droit de parler de la relativité du hasard, de la complication et de l'indépendance.

Des exemples remarquables et très simples sont donnés par les nombres et leurs divers modes de représentation. Considérons, par exemple, le nombre désigné par π en Mathématiques. Ce nombre, dans le système décimal, peut être relié aux dix chiffres 0, 1, 2, ... , 9 de plusieurs façons différentes.

Ecrivons l'une d'elles :

$$(1) \qquad \pi = 4\left(1 - \frac{1}{3} + \frac{1}{5} - \frac{1}{7} + \frac{1}{9} - \frac{1}{11} + \dots\right)$$

En l'examinant, nous disons tout de suite que « la loi est évidente ».

Ecrivons-en une autre :

$$(2) \qquad \pi = 3{,}14159265358979323846\ \dots$$

Cette expression m'apparaît infiniment compliquée. J'aurai beau écrire 10, 100, 1000 ... décimales, aucune loi ne sera mise en évidence : les chiffres semblent se succéder au hasard ; ils paraissent absolument indépendants les uns des autres. Si je n'ai que cette expression à ma disposition, je serai dans l'impossibilité de prévoir, étant donné les 10, 100, 1000, ... premières décimales, ce que doivent être les 11e, 101e, 1001e ...

Poincaré qui analyse le cas, montre que la suite (2) satisfait à la loi des grands nombres, ce qui justifie notre impression de fortuité. Il semble que les décimales successives aient été tirées au sort, de sorte, conclut Poincaré, que nous avons « le droit de raisonner comme si le nombre π avait été choisi au hasard. »

Cette dernière affirmation est trop générale. Il faut préciser. Nous dirons simplement que l'expression (2) satisfait aux lois du hasard. Si, en effet, nous prenons pour π l'expression (1), il ne sera plus possible de parler de fortuit. Bien plus, cette première expression me permettra de calculer ces 11e, 101e, 1001e, ... décimales que la seconde ne permet pas de prévoir.

Et ce n'est pas parce que ce calcul me sera rendu possible que l'expression (2) cessera d'obéir aux lois du hasard. Ainsi, malgré son désordre, cette expression représente un rapport simple. Elle a un « ordre latent » qu'on peut mettre en évidence d'une certaine façon.

En résumé, on peut parler de la relativité du hasard, de l'indépendance et de la complication, en ce sens que, *selon le point de vue,* des événements nous apparaîtront comme se succédant au hasard, ou bien comme susceptibles d'être prévus par des lois relativement simples.

15. Dans les applications aux phénomènes, il y aura toujours lieu d'envisager une indépendance ou une complication plus ou moins approchées. Comme toute théorie physique, le hasard ne sera réalisé qu'avec une certaine approximation. Il sera toujours possible d'une loi connue suffisamment compliquée, de déduire des nombres qui concordent à peu près avec ceux du hasard parfait, admis lui-même comme n'étant qu'à peu près réalisé. Les différents états d'un phénomène sembleront d'autant plus indépendants les uns des autres qu'il sera plus difficile de trouver des relations simples entre ces états.

Cette idée d'approximation dans le hasard peut être utilement éclaircie par un parallèle entre le brassage et certains phénomènes physiques qui n'arrivent à leur terme qu'après un temps infini, c'est-à-dire les phénomènes avec forces *amortissantes*. Tels sont, par exemple, la croissance et la décroissance d'un courant dans un circuit avec résistance ohmique, la décharge d'un condensateur à travers une résistance, l'établissement ou l'arrêt du mouvement d'une pièce mécanique dans un fluide visqueux, l'état final d'un corps magnétique sous l'effet de l'agitation thermique, etc. Toutes ces lois s'expriment en fonction du temps, par une exponentielle, et l'état final n'est atteint théoriquement qu'après un temps infini. Pour calculer pratiquement ces phénomènes, on introduit alors un *temps de relaxation*, à savoir le temps nécessaire pour que l'intensité du phénomène considéré soit un certain multiple ou une certaine fraction de l'intensité initiale.

Semblablement, nous pourrions introduire dans l'étude du brassage d'un jeu de cartes non pas un temps, mais un *nombre de relaxation*. Ce serait la valeur que devrait avoir l'exposant n pour que l'ordre final soit indépendant de l'ordre initial à une certaine approximation près. Pour une approximation donnée, n devra être d'autant plus grand que les p différeront plus les uns des autres.

Les théories cinétiques nous montreront que le rapprochement entre les phénomènes amortis et le brassage a des racines profondes, et que les comparaisons ci-dessus ne sont pas fortuites.

16. Nous avons mentionné plus haut l'introduction du temps dans les probabilités. C'est naturel lorsqu'on envisage les applications à des phénomènes physiques. Ainsi, par exemple, dans l'étude du mouvement brownien, M. Perrin a été tout naturellement conduit à repérer, à des intervalles réguliers, les positions d'un grain d'émulsion, et à constater ainsi que le grain se déplaçait suivant les lois du hasard. Lorsqu'on étudie, selon les indications de M. Smoluschowski, les fluctuations de concentration de grains en suspension dans différents liquides, il faut faire des pointés à des intervalles τ, variables d'un liquide à l'autre, pour obtenir des résultats comparables.

Si, en général, on n'introduit pas explicitement le temps dans les probabilités, c'est que celles-ci s'appliquent surtout à des jeux de hasard où la succession des événements (parties) a lieu beaucoup moins rapidement que la succession des battements dans le battage d'un jeu de cartes. Examinons, par exemple, le jeu de pile ou face. Entre chaque partie, il s'écoule un temps tel que le système joueur-pièce a complètement « *oublié* » les états précédents. Peut-être qu'en jouant suffisamment vite, on ne parviendrait pas à éliminer un certain automatisme. Il semble même qu'on ne pourrait parvenir à ramasser et jeter très rapidement une pièce de monnaie qu'en faisant des mouvements bien coordonnés, comme il arrive dans le battage des cartes par un joueur.

17. L'étude que nous venons de faire pourrait s'appliquer à tout autre système opérateur-objet, tels que : boules dans une urne, petits chevaux, roulette, etc. Dans tous, il y a un objet : jeu de cartes, ensemble de boules, machine, etc., qui doit présenter certains caractères de symétrie géométrique, et sur lequel s'exercent un ou plusieurs de nos mouvements répétés, qui, à cause de notre constitution en transformation continuelle, se présentent avec une suite indéfinie de différences. Nous sommes ainsi excellemment constitués pour faire du hasard : l'habitude d'une part, nous permet de répéter un nombre

énorme de fois des mouvements très semblables, d'autre part, des différences involontaires dans ces mouvements produisent les petites irrégularités nécessaires. Nous sommes, de la sorte, en mesure de créer un hasard qui s'approche indéfiniment du hasard parfait. De temps à autre, les appareils doivent être vérifiés, remplacés à la longue, afin qu'il n'y ait jamais de disymétrie fâcheuse, ce qui serait immanquable avec l'« usure », c'est-à-dire la *transformation* inévitable de l'appareil employé.

Il y a là des circonstances qu'il ne faudra pas perdre de vue lorsque nous voudrons appliquer les lois du hasard à un système purement physique qui, comme nos machines, finit toujours par se transformer, de sorte qu'à la fin de l'expérience, le système ne correspond plus à la définition initiale que nous avions adoptée pour faire les considérations de probabilité.

Même dans les phénomènes d'apparence les plus permanents, comme les naissances, les mortalités, il s'introduit à la longue, des différences systématiques. On sait, par exemple, que les tables de mortalité ne sont pas immuables, mais doivent être modifiées de temps en temps.

Nous verrons, en particulier, l'importance de ces remarques, lorsque nous examinerons la notion d'entropie, que l'on voudrait étendre au monde physique tout entier.

§ 2.

Premier mode d'emploi du hasard en Physique : emploi du hasard objectif.

18. Au paragraphe précédent, nous avons défini le brassage parfait et la probabilité objective parfaite.

Il convient de voir maintenant comment on peut utiliser ces notions pour l'étude de certains phénomènes physiques.

19. Envisageons un phénomène physique dont les états aux temps t_0, $t_0 + \tau$, $t_0 + 2\tau$, ..., dépendent des valeurs que prennent, à chacun de ces instants, n paramètres, et supposons que ces n paramètres ne peuvent satisfaire qu'à des relations

très compliquées, — soit que ceci résulte de l'observation directe, — soit que ceci résulte de considérations purement théoriques.

Dans ce cas, il sera possible, avec une certaine approximation, *d'établir une correspondance entre un brassage parfait et le phénomène étudié.*

A cet effet, on formera un phénomène fictif que nous appellerons « schéma de brassage parfait » ; *il sera caractérisé par* n *paramètres correspondant aux* n *paramètres ci-dessus, et effectué par des démons aux temps* t_0, $t_0 + \tau$, $t_0 + 2\tau$, ..., *dans des conditions choisies de manière que les valeurs successives prises à ces instants par l'un quelconque des paramètres du phénomène physique, forment, approximativement, une série possible de valeurs pour le paramètre correspondant du schéma. Dans ce cas, les propriétés d'ensemble de ce phénomène fictif correspondront d'une manière approximative aux propriétés d'ensemble du phénomène donné, et permettront de les calculer.*

C'est ce calcul qui seul importe. La difficulté du problème consistera dans le choix convenable des conditions que le schéma devra remplir dans ce but.

20. Ainsi, tandis que le mode habituel de représentation des phénomènes par les équations différentielles, donne la possibilité de déterminer l'état réel du système à l'instant $t + dt$, lorsque l'état à l'instant t est connu, le mode de représentation défini ci-dessus est, par nature, essentiellement discontinu, alors même qu'on se servirait de fonctions continues pour les calculs. L'intervalle de temps τ ne pourra jamais être un infiniment petit au sens mathématique du mot, c'est-à-dire une quantité tendant vers zéro.

Voici un exemple qui donnera une idée sur des ordres de grandeur.

Dans ses belles recherches sur les mouvements browniens, M. Perrin pointait au microscope, à intervalles fixes, par exemple, toutes les $\tau = 10$ secondes, la position d'un grain d'émulsion ; en réunissant par des traits ces positions, il obtenait une ligne zigzaguée. Si l'on transporte parallèlement à eux-mêmes les segments du zigzag de façon à leur donner une origine commune, on obtient des vecteurs dont les extrémités

libres forment un ensemble de points autour de cette origine, semblable à un ensemble de points d'impact autour du but sur une cible. D'après la théorie, s'il était possible de faire les pointés à des intervalles inférieurs à $\tau = \frac{1}{100000}$ de seconde, — pour un grain de l'ordre du micron dans l'eau — les extrémités des vecteurs ne formeraient plus un pareil ensemble, mais se succéderaient suivant une certaine loi.

21. En calculant pour le schéma de brassage les probabilités objectives des divers états possibles, on pourra répondre à la question qui résume le problème du présent paragraphe :

« *Quelle est la probabilité pour que le phénomène physique donné se trouve dans tel état déterminé ?* »

On peut dire que le hasard est dans le phénomène : c'est un *hasard objectif.*

22. Un cas intéressant est celui où certains états voisins sont de beaucoup les plus probables. Les autres seront dits exceptionnels. Dans ce cas, le phénomène nous apparaîtra avec une certaine uniformité : il nous semblera toujours dans un même état moyen.

Comme nous le verrons, ceci a lieu pour les systèmes à un très grand nombre de degrés de liberté, un gaz parfait par exemple.

Cet exemple sera très instructif à un autre point de vue, en nous montrant d'abord combien la notion de brassage parfait permet de simplifier les raisonnements, puis en nous indiquant clairement à quel degré d'approximation nous sommes conduit. Au lieu d'admettre avec Boltzmann l'hypothèse du « désordre moléculaire », qui ne saurait correspondre à aucune réalité, on raisonnera simplement comme suit : les molécules gazeuses obéissent à des lois de mouvement si compliquées qu'on peut *passer à la limite* et supposer les molécules soumises à un brassage parfait dans le récipient. A l'aide d'un schéma de brassage approprié, nous pourrons calculer la célèbre fonction H et l'entropie qui, apparaissant sous leur vrai jour, ne s'appliquent ainsi qu'au cas limite.

23. C'est à cette même méthode qu'il convient de ramener outre la théorie cinétique ordinaire, la théorie des mouvements

browniens, les fluctuations selon Smoluschowski, la théorie des quanta de Planck, etc., tous les schémas des urnes, faits en statistique pour les mortalités, les naissances, etc., en biologie, en biométrique, etc.

§ 3.

Définition de la *probabilité subjective*. Le hasard dans l'observateur ou *hasard subjectif*.

24. Nous allons introduire une nouvelle notion de probabilité, qui joue un grand rôle dans la vie pratique où l'on a des déterminations à prendre en face d'événements qu'on ne peut prévoir entièrement.

Comme nous le verrons, cette notion occupe une place importante dans les sciences physiques et mathématiques.

25. Commençons par une définition.

Imaginons de nouveau, alignées les unes à côté des autres, k cases numérotées de 1 à k, et, sur chacune de ces cases, une carte d'un jeu de k cartes, également numérotées de 1 à k.

Un opérateur ramassera les cartes, et les reposera sur les cases dans un certain ordre. Nous obtiendrons ainsi une nouvelle distribution. L'opération sera répétée à intervalles fixes, c'est-à-dire, aux temps t_0, $t_0 + \tau$, $t_0 + 2\tau$, ..., et les distributions réalisées à ces instants, seront notées sur un diagramme de façon qu'à la fin de l'expérience, nous puissions nous rendre compte de la marche du phénomène. Nous supposons l'opérateur complètement libre de choisir pour la succession des distributions, telle loi qu'il voudra ; en particulier, il pourrait maintenir les cartes toujours dans le même ordre.

Ceci posé, choisissons h cases : pour préciser, celles portant les numéros $\alpha_1, \alpha_2, \ldots \alpha_h$, où $1 \leqq \alpha_j \leqq k$, $j = 1, 2, \ldots, h \leqq k$, et demandons-nous quelle est la probabilité pour que dans *une* des distributions, considérée isolément, par exemple celle réalisée au temps $t_0 + \tau$, la carte n° i soit sur l'une des h cases choisies.

Ne sachant rien du tout, nous ne pouvons croire favorisée

aucune case en particulier. Nous dirons simplement qu'il y a k cas possibles et h cas favorables, et nous obtiendrons pour cette probabilité la valeur $\frac{h}{k}$.

C'est ce que nous appellerons la *probabilité subjective* de l'événement considéré.

Examinant ensuite le diagramme, nous constaterons qu'en général, la dite carte ne se trouve pas du tout, en moyenne, à peu près h fois sur k sur l'une des cases choisies, et qu'il est impossible de satisfaire à la loi des écarts, même d'une façon grossièrement approximative. Il pourrait arriver en particulier que la loi de succession adoptée fut telle que la dite carte ne se trouvât jamais dans l'une des h cases indiquées.

Ce serait par contre le cas si, entre chaque distribution, les cartes étaient soumises à un battage parfait, ou bien si l'opérateur adoptait volontairement une loi de succession qui, continuée indéfiniment, serait infiniment compliquée.

26. La définition ci-dessus peut s'appliquer au continu, en faisant tendre h et k vers l'infini de façon que le rapport $\frac{h}{k}$ reste fini.

Nous la rencontrerons sous cette forme dans la *Mécanique statistique* de Gibbs.

Comme nous le verrons, c'est, en général, dans les cas extrêmes, c'est-à-dire, lorsque

$$\lim_{\substack{h \to \infty \\ k \to \infty}} \frac{h}{k} = 1 \quad \text{ou} \quad 0\,,$$

qûe la probabilité subjective rend des services en Physique et en Mathématiques.

27. Une question importante se pose : la probabilité subjective est-elle d'une nature autre que la probabilité objective ?

Pour répondre à cette question et établir la parenté entre les deux probabilités, nous nous appuierons sur la loi des écarts, que nous avons considérée comme le critère fondamental du hasard.

Comment peut-on concilier cette loi avec la probabilité subjective ?

Nous avons vu que cette loi s'appliquait rigoureusement à un système formé par des démons-opérateurs et les objets dont ils se servent. Ici nous avons un opérateur quelconque manipulant d'une façon quelconque, une série de cartes. Par contre, « nous », comme observateur (sujet), nous avons été amené à choisir une carte, la carte n° i, ainsi que h cases bien déterminées. Ces remarques nous suggèrent la façon suivante de procéder.

Nous formerons un ensemble comprenant un nombre énorme d'observateurs fictifs que nous supposerons absolument isolés les uns des autres, c'est-à-dire, sans communication aucune, et ne connaissant pas les intentions de l'opérateur, de façon que leurs décisions soient parfaitement indépendantes.

Ceci posé, il pourra se présenter deux cas :

1° étant donnée la carte n° i, les observateurs fixeront les h cases. Si, lorsque chacun d'eux aura fait son choix, on établit une statistique, on verra que la dite carte, dans la distribution considérée, se trouve bien en moyenne, à peu près h fois sur k dans les cases indiquées ;

2° étant données les h cases, les observateurs fixeront chacun une carte. En faisant une statistique comme ci-dessus, on verra alors que les cartes choisies sont à peu près h fois sur k dans une des cases données.

Il en résulte bien que la probabilité subjective peut conduire à la loi des écarts.

28. Analysant ce qui précède, nous remarquerons que nous avons postulé la condition indispensable : l'indépendance complète des décisions des observateurs, qui sont, pour cela, supposés isolés. Ces décisions dépendront, pour chaque observateur, des circonstances qui l'entourent, et on admettra que ces circonstances varient infiniment d'un observateur à l'autre, de façon qu'on puisse parler d'indépendance parfaite.

Nous sommes de nouveau dans un cas limite. Dans la pratique, l'indépendance est très sensiblement réalisée.

29. Nous voyons maintenant clairement la différence qui sépare les deux probabilités : dans la probabilité objective, c'est pour le phénomène étudié qu'a lieu la loi des écarts ; dans la probabilité subjective, cette loi s'applique aux observateurs

mêmes : le hasard n'est plus dans le phénomène qui peut obéir à une loi quelconque, mais dans l'observateur (sujet). Nous dirons qu'il est *subjectif*.

Ainsi la loi des écarts nous donne un critère simple pour distinguer les deux sortes de probabilités.

Si les cartes sur les cases sont soumises au brassage parfait, ou, plus généralement, si un système évolue suivant le hasard objectif, les probabilités objectives auront mêmes valeurs numériques que les probabilités subjectives correspondantes, celles-ci se rapportant évidemment à chaque état, considéré isolément, par lequel passe le système.

C'est cette identité des valeurs numériques qui masque la distinction que permet de faire la loi des écarts.

Il en résulte qu'à toute probabilité objective correspond une probabilité subjective de même valeur numérique. Mais l'inverse n'a pas lieu nécessairement.

30. Poincaré avait déjà proposé une distinction analogue :

« Un joueur veut tenter un coup ; il me demande un conseil. Si je le lui donne, je m'inspirerai du calcul des probabilités, mais je ne lui garantirai pas le succès. C'est là ce que j'appellerai la *probabilité subjective* ... Mais je suppose qu'un joueur assiste au jeu, qu'il en note tous les coups et que le jeu se prolonge longtemps ; quand il fera le relevé de son carnet, il constatera que les événements se sont répartis conformément aux lois du calcul des probabilités. C'est là ce que j'appellerai la *probabilité objective*. »

Appliquons nos définitions. Nous sommes amené à faire la même distinction que Poincaré, mais en précisant de la façon suivante :

1° Le joueur qui veut tenter un coup, le tente sur un événement qu'il considère isolément, indépendemment de tous les événements qui peuvent précéder ou suivre, cet événement pouvant, d'une façon tout à fait générale, être lié à ceux-ci par une loi absolument quelconque, mais ignorée. Le hasard est subjectif, et la loi des écarts s'appliquerait à des ensembles de joueurs qui tenteraient leur fortune sur cet événement, indépendemment les uns des autres.

2° Le joueur qui assiste au jeu et qui, notant les coups,

trouve la loi des écarts satisfaite, n'aura fait qu'observer un hasard objectif.

31. M. E. Borel fait remarquer que le qualificatif de subjective pourrait induire en erreur, et laisser croire que cette probabilité n'a aucune valeur pratique, n'a rien « d'objectif » serait-on tenté de dire, ce qui n'est pas le cas. Ainsi, par exemple, si l'on me présente un sac de blé contenant quelques grains d'orge, et si l'on me demande de tirer un grain du sac, personne n'hésitera à déclarer que l'espoir de tomber justement sur un grain d'orge est bien chimérique. Cependant cela peut arriver, et si cela arrive, on dira que c'est le hasard, dans toute la force du terme. Sa mesure est donnée par la probabilité subjective, qui dès lors jouera un grand rôle dans la vie ordinaire.

Pour avoir le hasard objectif, il faudrait soumettre les grains à un brassage parfait.

§ 4.

Deuxième mode d'emploi du hasard en Physique : emploi du hasard subjectif.

32. En Physique, la probabilité subjective va nous fournir une autre manière d'utiliser le hasard, manière plus raffinée et moins immédiate que la première, quoique plus générale et mieux dans la nature des choses. Comme nous le verrons, cette méthode met bien en évidence nos rapports avec le monde extérieur ; elle fournit un instrument précieux, non seulement au physicien, mais encore au mathématicien, comme en témoignent les travaux de Poincaré, Borel, etc. C'est elle qui permet d'allier le hasard à la rigueur mathématique, non pas en supposant que le hasard puisse être dans nos créations mathématiques, mais en traitant ces créations comme des objets extérieurs qui nous seraient partiellement étrangers.

33. Envisageons un système dont l'état est défini à chaque instant par n paramètres :

$$x_1, x_2, \dots x_n,$$

et supposons que les lois qui nous font connaître les variations de ces paramètres s'expriment par les équations différentielles :

$$\frac{dx_i}{dt} = X_i \quad , \qquad (i = 1, 2, \ldots, n)$$

où les X sont des fonctions des x et du temps t. Les équations précédentes n'expriment pas autre chose qu'un certain déterminisme : étant donné l'état du système au temps t, l'état de ce système au temps $t + dt$ est complètement déterminé.

Il est commode de représenter l'état du système, à l'instant t, par un point figuratif de l'hyperespace à n dimensions, dont les coordonnées sont $x_1, x_2, \ldots, x_n$. L'ensemble des états que traverse le système au cours du temps forment une certaine trajectoire dans l'hyperespace ; cette trajectoire est parcourue par le point figuratif avec l'hypervitesse représentée par les équations ci-dessus.

Nous pouvons dire que nous connaissons la *constitution* de notre système. Si nous connaissions, en outre, les conditions initiales, — en supposant toutefois que l'on sache intégrer, — nous pourrions prédire l'état dans lequel sera le système à un instant quelconque.

Par un pareil système, nous pourrons entendre, par exemple, un corps quelconque, à l'état solide, liquide ou gazeux dans la théorie moléculaire, c'est-à-dire, un système avec un très grand nombre de degrés de liberté.

34. Dans notre étude du monde physique, il pourra nous importer de savoir quelle chance nous avons de rencontrer le système voisin de tel état plutôt que de tel autre.

Nous sommes ainsi amené à poser un nouveau problème de hasard que l'on pourrait formuler de la façon suivante :

« *Lorsqu'un observateur est tout à coup en présence d'un système de constitution donnée, quelle est la probabilité subjective pour que cet observateur trouve le système voisin de tel état déterminé ?* »

Si les conditions initiales étaient connues, l'observateur pourrait prévoir exactement comment le système évolue. On peut donc encore énoncer le problème précédent en disant :

« Lorsqu'un observateur rencontre un système de consti-

tution donnée, quelle est la probabilité subjective pour que cet observateur se trouve en présence d'un système ayant eu telles conditions initiales? »

35. En comparant avec le problème du § 2, on voit la différence qui sépare les deux méthodes, et la plus grande généralité de celle qui nous occupe.

Dans la première, il faut nécessairement que le phénomène étudié offre une complication suffisante; dans la seconde, cette condition n'est pas nécessaire.

Dans la première, on cherche au moyen du hasard objectif parfait, à établir une image de la constitution même du système, à trouver les états par lesquels il pourrait passer et à indiquer leurs successions possibles, non continues: on met le hasard dans le système. Dans la seconde, il n'y a aucun hasard dans le système; sa constitution, au sens spécifié ci-dessus, est parfaitement connue, c'est-à-dire est donnée par des lois connues qui nous indiquent déjà tous les états possibles et leurs lois de succession. Le fortuit provient de l'impuissance de l'observateur à prévoir dans lequel de ces états se trouvera le système à l'instant de l'observation, ou, ce qui revient au même, dans lequel de ces états était le système à l'origine du temps. Le hasard est dans l'observateur qui, ignorant les conditions initiales, est lié au système par une loi trop compliquée pour pouvoir faire des prévisions sur ces conditions.

Il est important de comparer les énoncés ci-dessus (n° 34) à l'énoncé du n° 21. Habituellement, on parle de la « probabilité d'un état », sans spécifier s'il s'agit de probabilité objective ou subjective. On voit cependant que la différence est essentielle et doit être faite.

36. Comme au n° 22, parmi les systèmes intéressants, il conviendra d'examiner ceux qui, grâce à leur constitution, évoluent, en général, dans des états qui diffèrent très peu d'un certain état moyen, autrement dit, qui se comportent généralement à peu près comme un certain *type moyen*, de sorte que la probabilité subjective pour qu'un tel système diffère peu du type moyen lorsque l'observateur le rencontre, ou encore à l'époque que celui-ci a choisi pour origine du temps, est très voisine de l'unité. Les autres états seront dits exceptionnels.

Ce sera le cas, ainsi que nous le verrons, si le système est très compliqué, c'est-à-dire présente un nombre énorme de libertés, tels les corps ordinaires dans la théorie moléculaire. Dans les conditions terrestres, un semblable système se comportera comme l'un des types moyens : le solide parfait, le liquide parfait ou le gaz parfait. Ce n'est que très exceptionnellement que le système s'éloignera de son type, par exemple, qu'un morceau de cuivre se trouverait subitement, pendant un instant, à l'état gazeux, dans les conditions ordinaires de température et de pression.

37. Les considérations précédentes trouvent leur illustration dans l'œuvre de J.-W. Gibbs, dont nous nous occuperons plus tard (seconde partie). Nous verrons que la méthode de Gibbs consiste à « répéter » un nombre énorme de fois un même système, un même corps (morceau de cuivre) par exemple, de façon à former un *ensemble* de systèmes obéissant aux mêmes équations différentielles, mais qui, à l'instant $t = 0$, sont dans des conditions initiales qui diffèrent d'un individu à l'autre.

Il est alors commode de supposer l'hyperespace représentatif, peuplé de points figuratifs en mouvement sur des trajectoires correspondant chacune à un système de conditions initiales déterminées. Une petite région de l'hyperespace représente une série d'états voisins.

La question de probabilité énoncée plus haut, revient alors à celle-ci :

« Lorsqu'un observateur rencontre un système de constitution donnée, quelle est la probabilité subjective pour que cet observateur se trouve en présence de tel système de l'ensemble ? » ou encore, d'après les propriétés de la probabilité subjective :

« Lorsqu'un observateur rencontre un système de constitution donnée, quelle est la probabilité subjective pour que le point figuratif de ce système soit dans telle région de l'hyperespace ? »

Cet énoncé spécial de la question du n° 34 résume la méthode de Gibbs. L'analogie avec le schéma des cartes du § 3 saute aux yeux : chaque case représente un état et une carte repré-

sente un système. La probabilité subjective qui répond à la question est alors :

$$\lim_{\substack{h=\infty \\ k=\infty}} \frac{h}{k} = \text{const} \ .$$

Il est essentiel de remarquer que la trajectoire du système considéré pourrait ne pas traverser la dite région, de sorte que le point figuratif ne s'y trouverait jamais.

38. On peut encore répondre à la question fondamentale du n° 34 d'un point de vue un peu différent, préconisé surtout par Einstein.

Considérons un système unique et sa représentation par un point figuratif en mouvement sur la trajectoire de l'hyperespace. Fixons une certaine région de cet espace et supposons-la traversée un grand nombre de fois par la trajectoire. Suivons le mobile sur celle-ci d'une époque t_0 à une époque $t_0 + \Theta$, Θ étant une très longue durée. A une certaine époque t_1, le mobile pénétrera dans la région pour en sortir à l'époque $t_1 + \theta_1$; il y rentrera à l'époque t_2 et en ressortira à l'époque $t_2 + \theta_2$, etc. Posons :

$$\theta_1 + \theta_2 + \ldots = \theta \ ,$$

et fixons un instant t compris entre t_0 et $t_0 + \Theta$.

La réponse à la question posée pourra alors se formuler ainsi :

Lorsqu'un observateur rencontre, à l'instant t, un système de constitution donnée, mais dont les conditions initiales lui sont inconnues, la probabilité subjective pour que le point représentatif de ce système soit, à l'instant t, dans la région choisie de l'hyperespace, est égale à $\frac{\theta}{\Theta}$. Cette définition ne pourra avoir de sens que si ce rapport peut être considéré comme indépendant de t_0 et de Θ, pourvu que Θ soit très grand, autrement dit, on doit avoir :

$$\lim_{\Theta=\infty} \frac{\theta}{\Theta} = \text{const} \ .$$

39. Pour établir le lien entre cette probabilité et la loi des

écarts, on peut procéder comme suit : on tracera un axe des temps sur lequel on marquera les points :

$$t_0\,,\ t_1\,,\ t_1+\theta_1\,,\ t_2+\theta_2\,,\ \ldots\,,\ t_0+\Theta\ .$$

On demandera à un grand nombre d'observateurs indépendants de nous fixer un instant t. On verra alors que les instants choisis tomberont à peu près θ fois sur Θ dans l'un des segments θ_1, θ_2, ... , c'est-à-dire, dans un segment de longueur totale θ intérieur à un segment de longueur Θ.

Il est évident que nous aurions pu procéder autrement et considérer l'instant t comme fixé une fois pour toutes ; c'est alors la région traversée que les observateurs auraient eu à choisir.

40. Si le mouvement du système est périodique, la définition du n° 38 est évidente. On a alors :

$$\theta_1=\theta_2=\ldots=\theta'\ ,$$

et si l'on appelle T la période, on a :

$$\lim_{\Theta=\infty}\frac{\theta}{\Theta}=\frac{\theta'}{T}\ .$$

Ce ne sera en général pas le cas ; mais, comme nous le verrons, Poincaré a démontré que les mouvements des systèmes mécaniques sont quasi-périodiques, de sorte qu'on aura, pour de semblables systèmes, en désignant par $\bar{\theta}$ et $\bar{T}$ des valeurs moyennes :

$$\lim_{\Theta=\infty}\frac{\theta}{\Theta}=\frac{\bar{\theta}}{\bar{T}}\ .$$

Enfin remarquons que pour cette probabilité subjective, il faut nécessairement que la région envisagée de l'hyperespace soit traversée par la trajectoire.

41. Voici un exemple qui aidera à fixer les idées et montrera quel sens il convient d'attacher à une question comme celle-ci : quelle est la probabilité subjective pour qu'il y ait pleine lune aujourd'hui, 22 juillet 1914 ? Le mouvement est quasi-périodique. C'est, répondra-t-on, un peu moins de $\frac{1}{27}$. Le hasard

est dans le choix de l'époque. Si nous imaginons un grand nombre d'observateurs indépendants les uns des autres, ils fixeront, chacun selon ses circonstances propres, une date qui, en général, différera d'un observateur à l'autre. En moyenne, il y aura pleine lune à peu près une fois sur 27 dates choisies.

42. Nous terminons ici la première partie de notre travail. Dans la seconde partie, nous exposerons les idées fondamentales de Boltzmann et de Gibbs. Nous verrons combien les notions présentées dans cette première partie mettent de clarté dans ces questions.

L'œuvre de Boltzmann repose principalement sur le hasard objectif, tandis que l'œuvre de Gibbs ne fait appel qu'à la probabilité subjective.

NOUVELLES RECHERCHES

SUR LES

SABLES NOIRS DE MADAGASCAR

ET SUR LES

QUARTZITES PLATINIFÈRES DE WESTPHALIE

PAR

Louis DUPARC

Dans une note précédente[1], j'ai communiqué les résultats négatifs des recherches que j'avais entreprises pour mettre en évidence la présence du platine dans les sables noirs de Madagascar. Depuis lors, de nombreux essais faits par fusion sèche et par coupellation sur le même matériel. ont confirmé pleinement mes premières recherches, et je n'ai rien à ajouter à ce que j'ai antérieurement publié. Entre temps, on signalait en Westphalie la découverte du platine dans certaines roches détritiques, avec des teneurs industrielles variant de 10 à 60 gr. à la tonne. Au dire de certains journaux, il s'agissait là de gisements considérables pouvant entraîner une modification sérieuse dans la production mondiale du platine.

C'est dans le voisinage d'Olpe, près de Wenden dans le Sauerland, que la présence du platine a été tout d'abord signalée, et c'est là que l'on fit les premiers travaux d'exploration ; depuis lors cependant, on retrouva le platine dans les mêmes formations à une distance assez considérable de ce premier

[1] Sur les sables noirs de Madagascar, *Archives* 1914, t. XXXVII, p. 37.

centre (près d'Erfurth notamment), et plusieurs sociétés furent fondées dans le but d'exploiter ces gisements aussi extraordinaires qu'inattendus. On indiquait même le nom d'une grande usine de produits chimiques qui faisait les recherches nécessaires pour établir la méthode industrielle destinée à récupérer le platine contenu dans ces roches.

J'ai pu me procurer par des voies tout à fait différentes quatre échantillons de la roche d'Olpe. Celle-ci est une quartzite (grauwacke) dévonienne, de couleur grise, assez finement grenue, rugueuse, et de texture uniforme ; elle est parfois légèrement caverneuse. Les quatre spécimens que j'ai examinés étaient tout à fait analogues.

Au microscope, ces roches sont entièrement détritiques et ne présentent pas de traces de recristallisation. Le matériel qui les constitue est nettement roulé et de dimension uniforme ; il est exclusivement emprunté à des roches acides, et c'est naturellement le quartz qui est de beaucoup l'élément qui prédomine. Il forme des petits grains, presque toujours plus ou moins arrondis, uniaxes, mais à croix noire fréquemment disloquée, et à extinctions parfois onduleuses. On y trouve rarement quelques petits débris d'oligoclase acide mâclé, qui peut faire complètement défaut, puis certaines plages arrondies et altérées qui proviennent sans doute d'un feldspath, peut-être d'un orthose. Presque tous les échantillons examinés renferment des grains de zircon analogues à ceux des inclusions des roches granitiques, puis du mica blanc en plus ou moins grande quantité. Dans certains spécimens, ce minéral forme des lamelles plus ou moins effrangées, dans d'autres des amas lamellaires plus ou moins froissés analogues à ceux qu'on observe dans certains micaschistes. Les éléments opaques de nature ferrugineuse (magnétite, etc.) existent, mais sont petits et rares ; par contre la calcite en petits amas granuleux formant localement comme une sorte de ciment, est très abondante. La roche fait toujours effervescence aux acides, mais réduite en poudre seulement, et à chaud, ce qui laisse penser que la majorité de cette calcite est peut-être de la dolomie. La structure microscopique de ces roches, à l'abondance des carbonates près, est tout à fait analogue à celle des quartzites du D^1 de l'Oural

du Nord. Nulle part je n'ai rencontré dans les quartzites d'Olpe trace de matériel emprunté à des roches basiques.

La présence de petites quantités de platine dans des quartzites du Dévonien n'a en soi rien d'absolument extraordinaire ; il a existé aux temps paléozoïques des massifs émergés, qui comportaient des roches basiques, et vraisemblablement des roches platinifères ; dans l'Oural[1], par exemple, cela est certain. Il y a dès lors possibilité de voir le platine que contenaient ces roches passer dans les produits d'abrasion fluviale ou marine de ces premiers continents. En effet. dans l'Utkinskaya-Datcha (Oural central), on a découvert, il y a quelques années, des petits cours d'eau ravinant exclusivement des formations conglomériques d'Artinsk, qui renfermaient assez de platine pour permettre un traitement de leurs alluvions, traitement qui d'ailleurs fut peu rémunérateur. Ce platine remanié était évidemment contenu dans les conglomérats, où il se trouve certainement à l'état sporadique, et où il est très rare, puis il a été reconcentré par les cours d'eau qui ont creusé leur lit dans ces conglomérats. La preuve de cette sporadité est évidente ; en effet les formations d'Artinsk sont développées, dans l'Oural, sur une vaste étendue, et à ma connaissance du moins, la présence du platine n'y a pas été constatée autre part. On a aussi, dans l'Oural du Nord, trouvé un peu de platine dans des ruisselets exclusivement encaissés de la source à l'embouchure, dans les formations du D^1. De toute façon. il *s'agit de platine macroscopique,* souvent fortement roulé et assez ténu il est vrai, mais identique en somme à celui que l'on trouve dans les différents cours d'eau platinifères habituels. De plus il est hors de doute que les teneurs initiales des roches détritiques en métal excluent d'emblée toute idée d'un traitement mécanique quelconque ; or, le platine des quartzites d'Olpe présente, parait-il, des caractères tous différents. Il est invisible au lavage après broyage préalable des quartzites, et ne peut être trouvé que par des essais spéciaux (en l'espèce l'application de la méthode par voie sèche du Dr Hommel). De plus, bien que les teneurs paraissent fort variables, ce platine

[1] L. Duparc.

(toujours d'après les documents que j'ai eus entre les mains), *se retrouve pour ainsi dire partout dans les quartzites en question,* et sur des points souvent fort distants les uns des autres.

J'ai tout d'abord fait de nombreux essais par voie sèche sur les quatre échantillons de quartzites que je possédais, et j'ai employé pour cela deux méthodes : la première est celle de la fusion sèche avec litharge, fondant, et réducteur suivie de la coupellation du culot obtenu ; la seconde celle de la fusion en présence de galène argentifère.

Tous ces essais n'ont pas donné de résultat ; avec la fusion ordinaire, j'obtenais des boutons minuscules, identiques à ceux fournis par le litharge ; avec la fusion galénique des boutons naturellement plus gros, mais dans un cas comme dans l'autre, je n'ai pu parvenir à identifier le platine sur ces différents boutons.

J'ai alors pensé essayer un autre procédé, fermement convaincu d'ailleurs que s'il existait du platine dans ces roches, ce n'était qu'en traces infinitésimales. J'ai cherché à obtenir les spectres d'arc des différents produits que j'avais étudiés à ce jour, en les comparant avec le spectre du platine pur, ou avec les spectres des mêmes produits additionnés d'une quantité de platine égale ou supérieure à celle indiquée par les essais d'autres auteurs. Comme je ne possède pas chez moi les installations nécessaires pour effectuer ce travail délicat dans des conditions convenables, je me suis adressé à mon ancien assistant M. Piña, à Madrid, qui, avec son collègue M. A. del Campo, a bien voulu se charger de faire les essais que je désirais, sur le plan que je lui ai communiqué. Ces messieurs possèdent à la Faculté de pharmacie de Madrid une excellente installation spectroscopique qui leur permet d'entreprendre les recherches les plus délicates. Les premiers essais furent effectués sur les produits bruts ou traités par l'eau régale ; ceux qui suivirent furent faits avec des boutons métalliques obtenus par coupellation. Je profite de l'occasion pour remercier cordialement MM. Piña et del Campo pour l'utile concours qu'ils m'ont prêté.

Les spectres des différents essais ont été régulièrement photographiés sur la même plaque, avec le spectre de référence

du fer, celui des charbons à blanc, et celui du platine; la superposition de ces différents spectres pris dans des conditions identiques, rendait les comparaisons faciles; les plaques ont été conservées en vue d'une reproduction éventuelle.

Je décrirai successivement les résultats obtenus sur les différentes plaques. Le nº 1 est une grauwacke de Westphalie (Olpe) du type normal, qui fut soumise aux essais par voie sèche sans résultat; le nº 2 est un sable noir produit du mélange de six sables dans lesquels des essais faits à Paris avaient indiqué des teneurs relativement élevées de platine, alors que mes propres essais, exécutés par fusion sèche ordinaire ou suivant la méthode Hommel, avaient été sans résultat.

Le nº 3 est un sable noir identique au nº 2, et récolté dans la même région par le Dr Bernet, qui a bien voulu le mettre à ma disposition.

Premier essai. — On a produit sur la même plaque le spectre de référence du fer, puis successivement ceux des échantillons nºs 1, 2 et 3, le spectre du platine, et enfin celui du charbon de l'arc. Les essais ont été faits sur la matière finement pulvérisée et soumise à l'arc telle quelle. Sur les échantillons 2 et 3 on *peut observer les deux lignes les plus intenses du platine, mais tellement faibles,* que peut-être elles ne sont que des lignes du fer qui est très abondant dans le sable, et qui, par son grand nombre de raies et leur intensité, gêne beaucoup les lectures.

Second essai. — On a photographié sur la même plaque deux séries d'essais; la première, désigné par A, comprend le spectre de référence du fer, celui du sable noir nº 3, celui du même sable additionné de platine, celui du sable nº 3 préalablement traité par l'eau régale et évaporé à sec au bain-marie, et enfin le spectre du platine. La seconde, désignée par B, le spectre de la quartzite nº 1 pure, puis celui du même échantillon additionné d'une minime quantité de platine ; du sable noir nº 3, puis d'une geysérite additionné de platine, et enfin le spectre du carbone.

Le platine était incorporé dans ces différents essais de la façon suivante : 0 gr. 001 de platine était dissous dans l'eau régale, et le volume du liquide porté à 100 centimètres cubes. On ajoutait à cette solution un gramme de sable et on évapo-

rait le tout à sec. Le résidu était ensuite calciné, puis repulvérisé pour obtenir une masse bien homogène à teneur de 1 $^0/_{00}$ en platine. Dans la série A, les lignes du platine sont à peine visibles, même sur les produits additionnés de ce métal, à l'exception toutefois du n° 3 traité par l'eau régale, sur lequel on observe quelques lignes très peu intenses de cet élément.

Dans la série B, les résultats ont été partout négatifs, aussi bien pour les sables purs que pour ceux additionnés de platine.

Troisième essai. — On a photographié sur la même plaque les sables n°s 2 et 3 purs et additionnés de platine, à la teneur indiquée, puis le spectre du platine. Les résultats n'ont pas été meilleurs que sur la plaque n° 2, et les raies du platine n'apparaissent pas plus sur les échantillons purs que sur ceux additionnés.

Quatrième essai. — Cet essai est particulièrement intéressant. Comme il paraissait évident que les lignes du platine ne sont nettement visibles qu'après traitement préalable de la substance par l'eau régale, on opèra sur les échantillons n°s 1, 2 et 3 tels quels, après traitement préalable par l'eau régale, puis, sur la même plaque, on photographia le spectre du n° 3 additionné de platine (40 gr. de sable pour 1 milligramme de platine, soit 25 gr. à la tonne), et enfin le spectre d'une geysérite additionnée de platine également (10 gr. de sable pour 1 milligr. de platine, soit 100 gr. par tonne). Les cinq essais ont été traités de la même façon par l'eau régale, évaporés à sec, et le résidu pulvérisé sans calcination préalable.

Le spectre de la geysérite montre nettement six ou sept des raies les plus intenses du platine; elles sont assez fortes pour sauter immédiatement à l'œil au premier examen du spectre. Dans le sable n° 3 additionné de platine, on voit *seulement trois des raies les plus intenses et encore sont-elles excessivement faibles*. Dans la grauwacke d'Olpe n° 1 on n'observe aucune raie du platine. Comme les raies apparues dans le n° 3 additionné de platine sont quatre à cinq fois plus intenses que celles des sables noirs n°s 2 et 3, cela montre que la teneur en platine de ces échantillons est beaucoup plus faible que celle du n° 3, laquelle est de 25 gr. par tonne et se borne à des traces.

Voici, pour terminer cet essai, la série des raies observées et leur distribution :

Raies en U.A.	Intensité	Apparition dans :
2646.97	(10)	Geysérite + Pt.
2659.54	(30)	Geysérite + Pt, puis N° 3 + Pt.
2702.48	(20)	Geysérite + Pt.
2830.40	(20)	Geysérite + Pt.
2998.09	(30)	Geysérite + Pt, puis N° 3 + Pt, très faible aussi dans les N°s 2 et 3.
3064.83	(50)	Geysérite + Pt, puis N° 3 + Pt, très faible également dans les N°s 2 et 3.

Ces mesures sont évidement qualitatives et approximatives seulement, vu le grand nombre de raies parasites qui viennent gêner la lecture exacte de raies aussi faibles que celles données par de petites quantités de platine noyées au milieu de tant d'autres corps. Néanmoins les conclusions sont intéressantes.

Le n° 1, soit le quartzite d'Olpe, n'a donné aucun résultat. Les n°s 2 et 3, soit les sables noirs de Madagascar *paraissent* renfermer des traces seulement de platine, traces qui n'ont pas été dosées, mais qui sont certainement inférieures à 10 gr. par tonne, et encore le résultat est-il douteux.

Cette étude spectroscopique confirme donc d'une façon parfaite les résultats que nous avions obtenus par voie sèche dans les conditions indiquées dans notre premier mémoire.

Nous avons cependant tenu à les vérifier par une méthode que nous pensions devoir nous donner de meilleurs résultats.

Dans ce but, nous avons fait soit avec différents échantillons de quartzite d'Olpe, soit avec les sables noirs, plusieurs boutons de coupellation sur 25 grammes de substance, puis nous avons également fait un bouton avec la litharge qui servait aux essais. Ces divers boutons furent successivement passés à l'arc, et leurs spectres respectifs photographiés dans les mêmes conditions.

L'échantillon désigné par L a été obtenu sur le bouton de la litharge pure, l'échantillon marqué W correspond à un premier échantillon de quartzite d'Olpe, celui désigné par A est un

second type de quartzite d'Olpe, provenant d'un autre envoi, enfin l'échantillon B est un type ordinaire de sables noirs, le même qui, dans les essais précédents, est désigné par le n° 3.

Le tableau suivant donne la liste des raies observées :

Raies en U. A.	Intensité	Apparition dans :
2646.97	(10)	A peine visible, seulement dans L.
2659.54	(30)	Moyenne dans L, à peine visible dans W.
2702.48	(20)	Faible dans L, à peine visible dans W.
2705.91	(20)	Très faible dans L, plus faible encore dans W.
2830.40	(20)	Extrêmement faible dans L, à peine visible dans W.
2998.09	(30)	Extrêmement faible dans L, à peine visible dans W.
3042.75	(20)	Très douteuse dans L et W.
3064.83	(50)	Assez intensé et diffuse dans L, faible et diffuse dans W.
3139.50	(10)	A peine visible dans L, très douteuse dans W.

Les échantillons A et B ont montré seulement la raie 2998, mais encore d'une façon très douteuse. L'intensité du courant pendant tous ces essais a été élevée, de façon à ce que les boutons soient entièrement volatilisés. En somme, les sables noirs, et l'échantillon A des quartzites d'Olpe n'ont pas montré la présence de traces de platine, l'échantillon W a donné quelques raies toujours très faibles, et de tous les essais, ce sont les boutons cumulés de la litharge pure qui ont donné les traces les plus manifestes de platine.

Il résulte donc encore de ces essais que les quartzites d'Olpe comme les sables noirs de Madagascar expérimentés, ne renferment pas de platine industriel et donnent, au point de vue de la présence de ce métal, *des réactions moins franches que celles de la litharge pure.*

Cette dernière constatation est intéressante, et il paraît désormais avéré que certaines litharges du commerce renferment des traces de platine. *A priori* ce fait peut paraître étonnant; on a bien, il est vrai, signalé à différentes reprises la présence du platine en petite quantité ou en traces dans cer-

tains minerais de cuivre (Rambler mine, etc.), mais à ma connaissance du moins, cette présence n'a jamais été constatée chez les minerais de plomb (galène, céruse, etc.) qui fournissent le plomb, matière première de toute litharge.

Par contre, c'est avec la litharge qu'on affine, comme l'on sait, les cendres aurifères des bijoutiers. Or il m'est souvent arrivé de constater dans certaines litharges la présence de très petites quantités d'or provenant d'un affinage défectueux. Depuis quelques années, le platine étant utilisé sur une grande échelle dans la bijouterie, les cendres de bijouterie renferment de notables proportions de ce métal, il n'est même pas rare de le voir excéder l'or dans celles-ci.

Je pense donc que les traces de platine trouvées dans la litharge expérimentée n'avait pas une autre origine, et il résulte donc de cette série d'essais que la présence de ce métal devra toujours être soupçonnée dans une litharge quelconque.

Genève, laboratoire de minéralogie de l'Université.

ACTION DE LA POTASSE

SUR LA

NITRAMINE

DE LA

DINITRO-4-6-MONOMÉTHYL-3-ANISIDINE

PAR

Frédéric REVERDIN et Armand de LUC

A l'occasion de recherches sur la nitration de la diméthyl-m-anisidine, dont nous avons publié récemment les résultats[1] nous avons mentionné un composé de constitution encore indéterminée, obtenu en faisant réagir la lessive de potasse sur la nitramine de la dinitro-4-6-monométhyl-3-anisidine en nous réservant d'y revenir plus tard.

On sait, d'après des travaux antérieurs, que l'on peut, dans certains composés substitués, facilement remplacer le groupe « méthylnitramino »

$$\left(-N\begin{matrix}\diagup CH^3 \\ \diagdown NO^2\end{matrix}\right)$$

par l'hydroxyle, en les traitant à chaud par la lessive de potasse ; tel est le cas, par exemple, pour ne prendre en considération que les combinaisons analogues à notre nitramine,

[1] Reverdin et de Luc, *Arch.*, 1914, XXXVII, p. 423.

de la *dinitro-3-5-méthylnitramino-2-anisidine,* qui a fourni à Grimaux et Lefèvre[1] le *dinitrogaïacol* correspondant :

OCH^3 ; $N\begin{smallmatrix}NO^2\\CH^3\end{smallmatrix}$; NO^2 ; NO^2 $\longrightarrow$ OCH^3 ; OH ; NO^2 ; NO^2

et de la *dinitro-3-5-méthylnitramino-4-anisidine* que nous avons nous-mêmes transformée, par la même réaction, en *éther monométhylique de la dinitro-hydroquinone* correspondante :

OCH^3 ; NO^2 ; NO^2 ; $N\begin{smallmatrix}CH^3\\NO^2\end{smallmatrix}$ $\longrightarrow$ OCH^3 ; NO^2 ; NO^2 ; OH

et de bien d'autres composés analogues.

Nous avions supposé que nous pourrions peut-être opérer la même substitution en partant de la *dinitro-4-6-méthylnitramino-3-anisidine* et obtenir ainsi un *éther monométhylique de la dinitro-4-6-résorcine :*

OCH^3 ; NO^2 ; $N\begin{smallmatrix}NO^2\\CH^3\end{smallmatrix}$; NO^2 $\longrightarrow$ OCH^3 ; NO^2 ; OH ; NO^2

qui a déjà été préparé par divers auteurs et dont la constitution est bien déterminée.

On pouvait cependant avoir un doute à ce sujet, si toutefois la constitution indiquée pour notre nitramine était bien exacte ; en effet la mobilité du groupement :

$$\left(-N\begin{matrix}\diagup CH^3\\ \diagdown NO^2\end{matrix}\right)$$

dans ce composé devait être inférieure à celle du même groupe dans les deux premières combinaisons citées, dans lesquelles il

[1] Grimaux et Lefèvre, *Bul. Soc. Chim. de Paris*, 1891, (3) p. 418.
[2] Reverdin et de Luc, *Arch.* 1911, XXXII, p. 343.

est voisin d'un groupe « nitro » et d'un groupe « méthoxy » ou de deux groupes « nitro ». L'expérience a prouvé que notre doute était justifié, ce qui est conforme à la constitution indiquée.

Nous avons chauffé au bain-marie, pendant 3/4 d'heure: 1 gramme de dinitro-4-6 méthylnitramino-3-anisidine, f. à 138°. 1,1 gramme de potasse caustique en dissolution dans 22 cc. d'alcool.

Le liquide se colore en brun, il y a formation d'un précipité et l'on perçoit l'odeur caractéristique de la méthylamine. On a coulé dans l'eau, précipité par l'acide chlorhydrique et transformé le dépôt, pour le purifier, en sel de baryum, peu soluble, cristallisant en jolies aiguilles brunes. Ce sel dissous et décomposé par l'acide chlorhydrique fournit un précipité qui, après avoir été cristallisé à plusieurs reprises dans l'acétone étendue d'eau, est en jolies paillettes jaune d'or f., à 182°.

En extrayant à l'éther les eaux-mères acides de cette préparation, on a retiré, en très petite quantité, un produit qui se dépose sous la forme d'une huile épaisse et qui a fourni par ébullition avec un mélange de benzène et de ligroïne, des cristaux jaune pâle, f. vers 108°, point de fusion de l'*éther monométhylique de la dinitro-2-4-résorcine,* ce qui montrerait que la nitramine mise en réaction renfermait peut-être une petite quantité du *dérivé dinitré en 2-4*, mais la proportion en était si faible que nous n'avons pas pu décider si cette supposition est bien exacte, ou s'il s'agirait du *dérivé dinitré en 4-6*, f. à 110°,5 qui aurait pu prendre naissance subsidiairement.

La formation de l'un ou de l'autre de ces dérivés expliquerait le dégagement d'une petite quantité de méthylamine.

Le produit f. à 182° chauffé de nouveau au bain-marie avec un grand excès de potasse en solution alcoolique n'est pas modifié. On l'obtient du reste également en employant une solution aqueuse de potasse. Il est facilement soluble dans l'acide sulfurique concentré, sans altération, même à la température du bain-marie. L'acide nitrique de D = 1,4 ne l'attaque pas à froid, mais il se dissout à la température ordinaire dans l'acide nitrique de D = 1,52 avec une coloration violette au bout de quelques minutes. L'addition d'eau fait virer la couleur au jaune et en extrayant avec de l'éther cette solution après

l'avoir additionnée d'acétate de soude, on obtient un composé cristallisant dans un mélange de benzène et de ligroïne en petits cristaux prismatiques, blanc légèrement jaunâtre, f. à 173°.

Le nouveau composé obtenu f. à 182° cristallise bien dans l'acide acétique étendu d'eau, ainsi que dans un mélange de benzène et de ligroine.

L'analyse, ainsi que nos recherches, ont montré qu'il était constitué par le *dinitro 4-6-monométhyl-3-aminophénol:*

OH

NO^2 ... $N\begin{smallmatrix}CH^3\\H\end{smallmatrix}$

NO^2

0.1257 gr. subst. ont donné : 0.1819 gr. CO^2 ; 0.0368 gr. H^2O
0.1289 » » 22.8 cc. N (24° ; 758 mm.)

Soit trouvé	C = 39.45 %
»	H = 3.34
»	N = 19.96
Calculé pour $C^7H^7O^5N^3$....	C = 39.44 %
» »	H = 3.29
» »	N = 19.71

La constitution de ce composé a été prouvée par le fait que son sel d'argent, chauffé pendant 1/4 d'heure au bain-marie, en émulsion dans l'alcool méthylique, avec l'iodure de méthyle, se transforme en l'*éther méthylique du dinitro-4-6-méthylaminophénol,* f. à 198° (200°, R. et de L.), décrit par Blanksma [1], et par nous-mêmes [2].

Dans la réaction de la potasse caustique sur la dinitro-4-6-méthylnitramino-3-anisidine, il y a donc, non pas substitution du groupe « méthylnitramino » par l'hydroxyle, mais élimination simultanée du groupe «méthyle» du méthoxy et du groupe «nitro» de la nitramine, qui sont remplacés par de l'hydrogène.

Laboratoire de chimie organique
de l'Université de Genève.

[1] Blanksma, *Rec. Trav. chim. Pays-Bas,* t. VIII, p. 276.
[2] *Loc. cit.*

ISOTHERME

DE

SOLUBILITÉ DU CHLORURE DE LITHIUM A 25°

DANS DES

MÉLANGES D'EAU ET D'ALCOOL ÉTHYLIQUE

PAR

S. PINA DE RUBIES

Plusieurs auteurs se sont occupés de la solubilité du chlorure de lithium soit dans l'eau soit dans l'alcool éthylique de même que des hydrates ou alcoolates qui peuvent prendre naissance dans ces deux dissolvants, mais on ne connaît rien encore de l'action de l'alcool éthylique sur les solutions aqueuses de ClLi.

Parmi les travaux qui traitent de la solubilité d'un sel dans des mélanges d'eau et d'alcool nous citerons comme étant très intéressants, ceux de Schreinemakers[1] D'Ans[2] et de Bell Frankforter[3]. Comme ces travaux renferment toutes les données nécessaires concernant ce genre de solubilités, nous nous bornerons, dans le présent travail à donner les résultats obtenus pour l'isotherme de solubilité à 25° du chlorure de lithium dans des mélanges d'eau et d'alcool éthylique en indiquant rapidement le mode opératoire.

[1] Schreinemakers, *Chem. Weck.*, 1909, **6**, 136.
[2] D'Ans, *Zeit. f. Ph. Ch.*, 1913, **82**, 35.
[3] Bel Frankforter, *Journ. of Ph. Ch.*, 1913, XVII, 402.
Id., *Journ. Am. Ch. Soc.*, 1914, XXXVI, 1103.

Matériel.

Alcool éthylique de Merck, absolu. Nous l'avons distillé deux fois sur des râpures de calcium électrolytique pour enlever les traces d'eau qu'il contient. Le produit ainsi obtenu ne donnait plus la réaction de l'eau ; son point d'ébullition et sa densité concordaient avec les données des tables (Landolt-Börnstein).

Chlorure de lithium également de Merk. L'analyse, volumétrique et gravimétrique de ce sel, démontrait qu'il s'agissait d'un produit pur ; en outre une partie du sel volatilisé dans une capsule de platine ne laissait pas de résidu appréciable. Le sel fut desséché à 250° et conservé dans l'exsiccateur.

Nitrate d'argent de Kahlbaum. La solution de nitrate d'argent fut préparée N/20 et titrée 10 jours après sa préparation

Eau L'eau employée comme dissolvant a été redistillée; 100 cc. évaporés ne laissaient pas de résidu.

Les flacons employés étaient en verre R à fermeture hermétique.

Méthode expérimentale.

Nous employâmes pour obtenir le point d'équilibre entre le ClLi et le dissolvant, pour chacune des solutions étudiées, la méthode d'agitation continuelle.

On introduisait dans les flacons de verre R préalablement lavés à la vapeur d'eau et complètement séchés un excès de chlorure de lithium et ensuite on ajoutait le dissolvant en refroidissant le flacon au moyen d'un courant d'eau, on bouchait et on paraffinait complètement le col du flacon, puis on agitait vivement sans interrompre le courant et une fois le mélange refroidi on transportait les flacons dans un thermostat à eau chaude à 25°, réglé avec une erreur de 0.05°.

Les flacons étaient assujettis à l'axe d'une poulie et animés d'un mouvement de rotation assez rapide.

Des essais préalables montraient que 5 heures suffisaient pour atteindre le point de saturation, ainsi dans toutes les

expériences les flacons furent soumis pendant 5 heures à l'agitation.

Nous avons préparé, les dissolvants en pesant dans des pèse-filtres bouchés, d'abord l'eau (dépourvue d'air) et ensuite l'alcool ; après avoir agité, pour rendre les mélanges homogènes, nous les avons versés dans les flacons, comme nous venons de l'indiquer.

La filtration a été faite dans l'intérieur même du thermostat. On a pesé pour l'analyse 1 gr. environ de solution limpide à froid et déterminé le chlore par la méthode de Mohr.

L'isotherme étudiée est comprise dans les limites : 100 eau + 0 alcool et 100 alcool + 0 eau.

La solubilité du chlorure de lithium dans l'eau a été étudiée par Bojorodski [1] et surtout par Kremers [2]. Nous reproduisons ci-dessous leurs résultats pour faire ressortir une petite différence à la température de 25°, entre ces résultats et les nôtres.

ClLi dans 100 gr. de solution	Température
38.9 ClLi $2H_2O$	0°
44.6 ClLi H_2O	20
42.4 »	40
50.2 »	60
53.5 »	80
57.4 ClLi.	120
58.2 »	140
60.6 »	160

La solubilité à la température de 25° peut être obtenue par interpolation, mais comme à la température de 20° correspond un maximum, nous avons déterminé la solubilité à 25° et nous avons trouvé un chiffre supérieur à la théorie ; or d'après nous, le maximum se trouverait à 25° et corrrespondrait à 44,9 gr. de ClLi dans 100 gr. de solution.

La solubilité du ClLi dans l'alcool éthylique a été déterminée par Lemoine [3].

[1] Landolt-Börnstein, cf., *J. Soc. Ph. Ch. R.*, 1893, **1**, 25, 316.
[2] Id., *Pogg. Ann.*, 1856, **99**, 47.
[3] *C. R.*, 1897, 125, 603.

Voici les données de cet auteur :

Températures.	1°,6	5°,7	13°	25°	40°,6	62°6
Rapport du poids de ClLi au poids de la solution .	0.14	0.14	0.13	0.14	0.15	0.18

Nous avons déterminé la solubilité à 25° et le rapport que nous trouvons est de 0,26 ; il est donc absolument différent de celui de Lemoine que nous considérons comme erroné. (Abegg doute aussi de l'exactitude des déterminations de Lemoine et ses résultats ne figurent pas dans les tables Landolt-Börnstein).

Nous avons donc fixé les deux extrémités de l'isotherme : 44,9 gr. de ClLi dans 100 gr. de solution aqueuse et 20.74 gr. de ClLi dans 100 gr. de solution alcoolique. Pour les points intermédiaires nous avons tâché d'avoir des mélanges répondant approximativement à 90 alcool + 10 eau, 80 alcool + 20 eau, etc.

Dissolvant employé		Grammes de ClLi dans 100 gr. de solution			Grammes de ClLi dans 100 gr. de dissolvant		
C_2H_5OH	H_2O	C_2HOH_5	H_2O	ClLi	C_2H_5OH	H_2O	ClLi
0	100	0	55.10	44.90	0	100	81.49
10.438	90.142	5.96	51.52	42.52	10 378	89.622	73.97
18.502	81.502	11.07	48.73	40.20	18.501	81.499	67.24
30.279	76.108	17.46	43.90	38.64	28.461	71.539	62.97
30.619	72.078	18.56	43.70	37.74	29.815	70.185	60.58
35.000	64.984	22.16	41.17	36.67	35.006	64.994	57.91
41.452	61.510	26.29	39.01	34.70	40.260	59.740	53.13
43.539	56.252	28 97	37.42	33.61	43.631	56.369	50.62
44.300	55.832	29.27	36.89	33.84	44.241	55.759	51.18
60.040	73.083	30.10	36.64	33.26	45.100	54.900	49.84
46.255	54.077	30.51	35.67	33.82	46.101	53.899	51.10
48.519	51.724	32.79	34.95	32.26	48.401	51.599	47.62
55.100	45.304	38.40	31.58	30 02	54.870	45.130	42.90
60.052	30.066	49.27	24.67	26.06	66.638	33.362	35.24
68.015	32.480	50.32	24.04	25.64	67.679	32.321	34.48
72.032	28.214	53.50	20 94	25.56	71.860	28 140	33.24
73.471	23.327	58.15	18.47	23.38	75.901	24.099	30.51
76.717	22.360	59.78	17.46	22.76	77 431	22.569	29.47
80.961	19.039	63.09	14.83	22.08	80.961	19.039	28.33
89.031	11.011	70.24	8.66	21.10	89.021	10.979	26.74
89.996	10.507	70.70	8.26	21.04	89.545	10.455	26.64
89.250	10.800	70.74	7.78	21.48	90.097	9.903	27.33
100	0	79.26	0	20.74	100	0	26.18

Les résultats obtenus, calculés en ClLi pour 100 gr. de dissolvant et pour 100 gr. de solution se trouvent résumés dans le tableau précédant, dans lequel les deux premières colonnes contiennent les quantités d'eau et d'alcool constituant les dissolvants employés et qui ont été réellement pesées.

Isotherme à 25° du système : chlorure de lithium, eau et alcool éthylique exprimés en grammes.

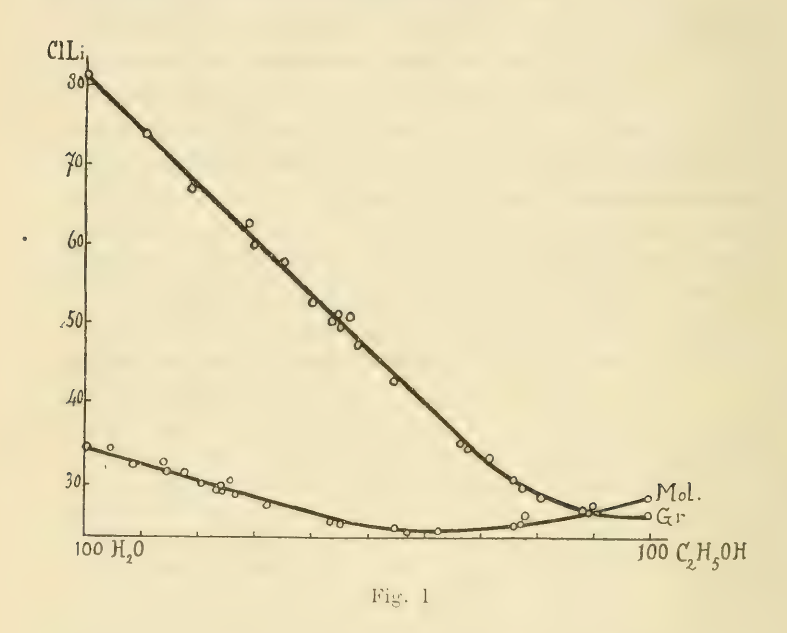


Fig. 1

Comme on l'observe, en augmentant les quantités d'alcool dans le dissolvant, la solubilité du chlorure de lithium diminue d'une façon régulière et la courbe apparaît comme une droite presque dans toute sa longueur.

La courbe Mol. est l'interprétation de la courbe Gr. exprimée en molécules. Etant donné la différence de poids moléculaire des deux composants du dissolvant, on comprend aisément l'allure que prend la courbe Mol. Le minimum correspond au dissolvant 60 alc. + 40 eau. Les données qui ont servi à interpréter cette courbe sont les suivantes :

Isotherme à 25° du système : chlorure de lithium, eau et alcool éthylique, exprimée en molécules :

Mol. de ClLi dans 100 mol. de solution			Mol. de ClLi dans 100 mol. de dissolvant		
C_2H_5OH	H_2O	ClLi	C_2H_5OH	H_2O	ClLi
0	74.32	25.68	0	100.00	34.55
3.24	71.67	25.09	4.33	95.67	34.27
6.17	69.51	24.32	8.16	91.84	32.14
10.18	65.40	24.42	13.47	86.53	32.31
10.84	65.26	23.90	14.25	85.75	31.42
13.26	62.96	23.78	17.65	82.35	31.20
16.07	60.95	22.98	20.87	79.13	29.84
17.99	59.40	22.61	23.67	76.33	29.22
18.27	58.84	22.89	24.15	75.85	29.68
18.84	58.60	22.56	24.33	75.67	29.13
19.27	57.58	23.15	25.08	74.92	30.13
20.90	56.81	22.29	26.85	73.15	28.68
25.32	53.22	21.46	32.24	67.76	27.32
35.05	44.86	20.09	43.87	56.13	25.15
36.06	44.03	19.91	45.14	54.86	24.86
39.70	39.74	20.56	49.98	50.02	26.48
44.50	36.12	19.38	55.23	44.77	24.06
46.32	34.58	19.10	57.32	42.68	23.63
50.51	30.34	19.15	62.47	37.53	23.71
60.95	19.21	19.84	76.10	23.90	24.75
61.70	18.40	19.90	77.02	22.98	24.84
62.10	17.46	20.44	78.08	21.92	25.69
77.91	0	22.09	100.00	0	28.35

Il ne se forme qu'un sel pendant toute la longueur de la courbe, comme on peut le déduire a priori de la forme de cette courbe.

Afin d'obtenir la quantité nécessaire de ce sel en vue de la détermination de sa composition, nous avons employé la méthode de D'Ans et Siegler[1] : on chauffe dans des tubes scellés le dissolvant avec un excès de ClLi jusqu'à dissolution complète, on laisse refroidir et le sel stable correspondant à cette solution se dépose.

[1] *Zeit. f. Ph. Ch.*, 1913, 82, 35.

Nous avons obtenu les mêmes sels, en refroidissant à 13° les solutions saturées à 25°.

On obtient aussi les mêmes sels en évaporant dans le vide les solutions saturées à 25°.

Les sels analysés correspondent aux dissolvants suivants :

C_2H_5OH	H_2	ClLi %	Théorie
0	100.000	69.3	
18.501	81.499	69.1	
40.260	59.740	68.7	
48.401	51.599	68.2	70.2
54.870	45.130	68.9	
75.901	24.099	69.0	
89.545	10.455	68.5	
100.000	0	98.1	100.0

L'unique sel qui se dépose correspond donc à la formule ClLi · H^2O c'est-à-dire au même monohydrate qui se dépose à 25° de la solution aqueuse [1] et qui continue à se former jusqu'à ce que le dissolvant soit purement alcoolique, le sel se dépose alors anhydre.

La solution aqueuse saturée à 25° et refroidie à 0° a donné une abondante cristallisation ; le sel correspondait à la formule ClLi · H^2O. D'après Troost [2] en évaporant à une température inférieure à 10° une solution aqueuse de ClLi, on obtient l'hydrate : ClLi · $2H^2O$. Lorsque nous avons refroidi la solution saturée à 25°, il a commencé sans doute à se déposer ClLi · H^2O et en arrivant à la limite, c'est-à-dire à 10°, comme il n'existait pas de germes de ClLi · $2H^2O$ mais au contraire les germes de ClLi · H^2O ce sel a continué à se déposer jusqu'à 0°.

Nous avons opéré rapidement avec ces sels car ils sont très hygroscopiques ; nous avons filtré à la trompe et desséché le sel, avec du papier à filtre, sur l'entonnoir même et nous avons pesé dans un pèse-filtre une partie du sel ; quoique la préci-

[1] Kremers : *Pogg. Ann.*, 1856, **99**, 47.

[2] *Ann. Ch. Ph.*, 1857, (3), **51**, 103.

sion ne soit pas absolue, elle est amplement suffisante cependant pour notre but.

Avec les données concernant les 100 gr. et les 100 molécules de solution citées dans les tableaux précédents, nous pouvons représenter la courbe d'équilibre entre ClLi, H^2O et C_2H_5OH, par les triangles de Schreinemakers [1].

La figure 2 représente l'isotherme à 25° exprimée en grammes de dissolvant et de ClLi.

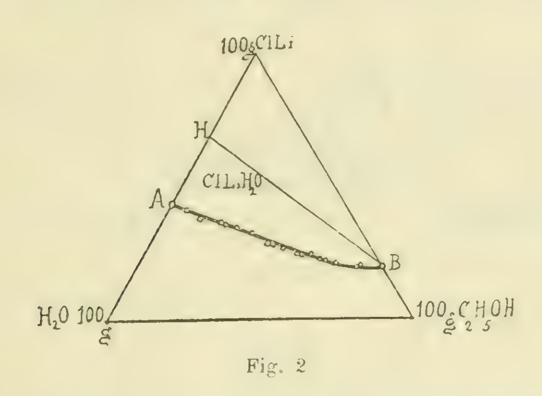


Fig. 2

La figure 3 représente la même isotherme exprimée en molécules.

Le point H correspond à la formation de ClLi · H^2O ; en unissant ce point avec B nous avons déterminé la zone correspondante à ce monohydrate.

Comme à partir du point A, jusqu'au dissolvant 30 eau + 70 alc., la courbe est une droite, nous pourrons calculer le coefficient d'abaissement, produit par l'alcool éthylique, au moyen de la formule :

$$\frac{ln - la}{N}$$

dans laquelle *la* représente la solubilité de ClLi dans l'eau, N la quantité d'alcool contenue dans 100 parties de dissolvant et *ln* la solubilité du ClLi dans le dissolvant : N alc. + (100 — Nalc.) eau.

[1] *Zeit. Ph. Ch.*, 1907, **23**, 649.

Le coefficient trouvé est: 0.69.

Le fait qu'à partir de 30 eau + 70 alc. la courbe tend à s'approcher de l'horizontale laisse croire qu'à températures plus basses la courbe aura deux bras et que deux hydrates se formeront. (Nous pensons étudier l'isotherme à 0° dans une prochaine note).

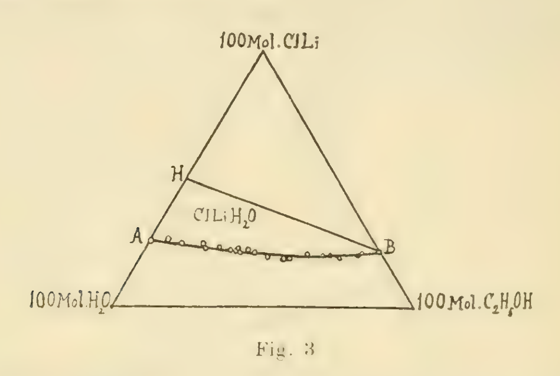


Fig. 3

Résumé

L'addition d'alcool éthylique diminue la solubilité du chlorure de lithium dans l'eau d'une façon continue. Depuis 100 eau jusqu'à 30 eau + 70 alc., la diminution de la solubilité est régulière et la courbe apparaît comme une droite.

Pendant toute la longueur de la courbe il se dépose uniquement le monohydrate $ClLiH_2O$. Dans le point 100 alc. le sel se dépose anhydre.

L'isotherme du chlorure de lithium contrairement à celle d'autres sels ne présente pas d'anomalies comme nous venons de le voir.

Madrid, Laboratoire de recherches physiques.

SOCIÉTÉ SUISSE DE CHIMIE

Communications ayant figuré à l'ordre du jour de la séance qui devait avoir lieu à Berne le 2 septembre 1914.

A. Pictet et L. Ramseyer. Sur les constituants de la houille. — G. Woker. Théorie des ferments oxydants. — A. Küng. La fausse oronge et la question de la muscarine. — A. Bistrzycki et H. Becker. Addition de l'acide benzilique aux sénévols aromatiques. — Pelet et Wolf. La fixation des colorants basiques par différentes fibres textiles. — Ph.-A. Guye et F.-E.-E. Germann. Influence des impuretés gazeuses de l'argent sur les valeurs des poids atomiques déterminés par les méthodes classiques.

Amé Pictet et L. Ramseyer (Genève et Grenzach). — *Sur les constituants de la houille.*

Les auteurs ont repris leurs essais d'extraction de la houille par le benzène bouillant[1]; ils ont pu le faire sur une beaucoup plus grande échelle, grâce à l'aide précieuse que leur ont prêtée MM. *Hoffmann, La Roche & Co.*, à Grenzach. Un peu plus de 5 tonnes de houille de la Sarre ont été mises en œuvre par cette maison.

Le produit principal de cette extraction (après précipitation d'une certaine quantité de matière solide au moyen de l'éther de pétrole) est un liquide brun, possédant l'odeur du pétrole et une densité qui, à 20°, est exactement 1,000. Au point de vue chimique, ce liquide présente la plus grande analogie avec le goudron du vide, obtenu par MM. *Pictet et Bouvier*[2] en distillant sous pression réduite la houille de Montrambert. Il est, comme lui, constitué presque entièrement d'hydrocarbures de la série hydro-aromatique, auxquels sont mélangés 1 à 2 % d'alcools et de composés basiques. Cette analogie tend à prouver que la distillation de la houille dans le vide, à une température qui ne dépasse pas 450°, n'y produit aucune décomposition, et ne fait qu'en séparer les parties les plus volatiles; autrement dit, que les constituants du goudron du vide préexistent dans la houille.

Débarrassés des bases et des alcools par l'acide chlorhydrique et le sodium, les hydrocarbures de l'extraction benzénique se pré-

[1] *Archives des Sc. phys. et nat.*, **34**, 234.
[2] *Ibid.*, **36**, 374 ; **37**, 459.

sentent comme un mélange très complexe. Une première séparation a été effectuée par distillation fractionnée dans le vide. Chose curieuse, les fractions inférieures se montrent nettement, quoique faiblement, actives à la lumière polarisée ($\alpha_D = + 0{,}27°$ en moyenne). Il est intéressant de constater la persistance du pouvoir rotatoire dans un produit datant de l'époque carbonifère. Cette propriété semble démontrer, en outre, que les matières végétales qui ont formé la houille n'ont jamais subi l'action d'une température très élevée, laquelle aurait sans doute provoqué la racémisation de tous leurs constituants actifs ; ce résultat est en contradiction avec l'hypothèse de *Bergius* sur le mode de formation des charbons fossiles.

Parmi les substances basiques que contient leur produit d'extraction, les auteurs ont pu jusqu'ici en isoler deux à l'état de pureté. La première est liquide, volatile avec l'eau et douée d'une odeur qui rapelle à s'y méprendre la nicotéine et les pyrrolines en général ; c'est une base secondaire dont la composition répond à la formule $C_7H_{13}N$ (propylpyrroline ?). La seconde est une base solide, tertiaire, formant avec tous les acides des sels jaunes bien cristallisés. Ces deux corps donnent toutes les réactions générales des alcaloïdes végétaux ; ce sont de véritables *alcaloïdes fossiles*.

Gertrude Woker (Berne). — *Théorie des ferments oxydants.*

L'action de la catalase, de la peroxydase et de la réductase repose sur la présence du même groupe fonctionnel aldéhydique R — CHO. Ce groupe fixe le peroxyde d'hydrogène en donnant un peroxyde $R - CH\langle^{O - OH}_{OH}$. Celui-ci est un oxydant énergique : il bleuit la teinture de gaiac, transforme la benzidine en matières colorantes, décompose l'iodure de potassium, etc. D'autre part, il décompose le peroxyde d'hydrogène.

Ces deux genres de réactions ont lieu simultanément en présence d'un chromogène et d'un excès de peroxyde d'hydrogène, mais il y aura prédominance de celle des réactions dont la vitesse sera la plus grande. Si la différence des vitesses est très grande, l'une des deux réactions couvrira entièrement l'autre et l'on se trouvera en présence d'un phénomène purement catalasique ou purement peroxydasique.

Cette théorie repose sur les observations suivantes, qui ont été faites par MM. Begemann et Briesenmeister, élèves de l'auteur :

1. Les sucs de champignons qui ne présentent aucune réaction peroxydasique décomposent le peroxyde d'hydrogène incompara-

blement plus vite que les extraits de plantes qui sont en même temps doués de propriétés oxydantes.

2. Si le suc reste en contact avec le peroxyde d'hydrogène, avant d'être additionné de benzidine, l'effet peroxydasique diminue à mesure que la durée du contact augmente.

3. Les températures auxquelles cessent les réactions peroxydasique et catalasique sont les mêmes (80°).

4. Le rapport entre l'intensité des deux réactions n'est pas modifié par la dialyse.

5. Lorsqu'on ajoute successivement de petites quantités de peroxyde d'hydrogène, on atteint un optimum de l'action peroxydasique. Celui-ci correspond à l'utilisation maximum de l'aldéhyde, sans apparition de la réaction catalasique inverse qui détruit le peroxyde d'une manière irreversible. M. Briesenmeister a réussi par ce moyen à déceler moins de 1 $^0/_{00}$ de lait cru dans le lait bouilli, tandis que le procédé Wilkinson et Peters ne permet pas d'en déceler moins de 15 $^0/_0$.

6. Certaines aldéhydes, en particulier l'aldéhyde formique, montrent en présence du peroxyde d'hydrogène des réactions semblables à la fois à celles des peroxydases et à celles des catalases.

Si l'aldéhyde qui provoque les actions peroxydasiques et catalasiques des sucs végétaux ne se trouve en présence, ni d'un peroxyde instable, ni d'oxygène libre, mais bien d'un composé renfermant de l'oxygène faiblement lié au reste de la molécule, elle peut s'oxyder aux dépens de ce dernier. C'est pourquoi elle décolore le bleu de méthylène. Dans ces conditions, l'aldéhyde montre des propriétés de réductase.

A. Küng (Soleure). *La fausse oronge et la question de la muscarine.*

Schmiedeberg et *Harnack* ont attribué à la muscarine, principe vénéneux de la fausse oronge, la formule suivante :

$$(CH_3)_3(OH)N - CH_2 - CHO.H_2O.$$

Ils ont cru confirmer cette formule en oxydant la choline par l'acide nitrique fumant et en établissant l'identité du produit avec la muscarine naturelle. *Berlinerblau* d'autre part, ainsi que *E. Fischer*, ont obtenu synthétiquement des composés répondant à cette même formule, mais, malgré bien des essais comparatifs, il n'a pas été possible d'identifier ceux-ci aux bases de Schmiedeberg et Harnack.

Cherchant à élucider cette question, M. Küng s'est servi de la méthode de *Kossel* pour extraire tous les produits basiques d'une grande quantité de fausse oronge. Il y a trouvé, ainsi que

Schmiedeberg et *Koppe,* beaucoup de *choline ;* il y a décelé, en outre, comme principes nouveaux, le *putrescine* et la *bétaïne,* et y a rendu probable la présence de l'*hercynine ;* mais il n'a pu isoler la muscarine par cette méthode. Peut-être ce fait est-il dû à ce que cette base est altérée par le traitement au nitrate d'argent et à la baryte et transformée par oxydation en bétaïne.

L'auteur a pu établir ensuite que les bases de Berlinerblau et de Fischer ne sont pas identiques à la base synthétique de Schmiedeberg et Harnack, et que cette dernière ne possède pas de propriétés réductrices ; elle ne peut donc avoir la constitution qu'on lui a attribuée jusqu'ici. Un peu plus tard *A. J. Ewins* a montré qu'elle n'est point un produit d'oxydation de la choline, mais bien son éther nitreux. Ces deux constatations remettent en discussion la formule de la muscarine.

A. Bistrzycki et H. Becker (Fribourg). — *Addition de l'acide benzilique aux sénévols aromatiques.*

Lorsqu'on chauffe l'O-éther méthylique de l'acide phénylthiocarbamique avec l'iodure de méthyle, il se convertit en S-éther, ce qu'on peut expliquer par une addition et une élimination de CH_3I[1] :

$$C_6H_5\text{-NH-C}\begin{cases}S\\OCH_3\end{cases} \rightarrow C_6H_5\text{-NH-C}\begin{cases}SCH_3\\I\\OCH_3\end{cases} \rightarrow C_6H_5\text{-NH-C}\begin{cases}SCH_3\\O\end{cases}$$

Biillmann[2] donne une explication analogue du mécanisme de la réaction qui a lieu entre le bromodiphénylméthane et le xanthogénate de potasse.

Les auteurs interprètent également de la même façon le phénomène qui se passe lorsqu'on abandonne à lui-même un mélange de phénylsénévol et d'acide benzilique, en présence d'acides sulfurique et acétique. On obtient, au bout de 24 h. un produit d'addition. Celui-ci, chauffé une demi-heure avec une solution de potasse à 1 %, se décompose nettement en aniline, anhydride carbonique et acide thiobenzilique ; le radical benzilique y est donc sans aucun doute lié au soufre. Il y a tout lieu de croire qu'il se forme en premier lieu un O-éther, et à côté de lui un acide alcoylsulfurique $(C_6H_5)_2C(COOH)O-SO_2-OH$, et que ce dernier produit l'isomérisation du premier en S-éther, ainsi que le fait l'iodure de méthyle dans l'exemple cité plus haut.

[1] Wheeler et Barnes, *Amer. chem. Journal* **24**. 71.
[2] *Annalen* **364**. 317.

$$C_6H_5\text{-NH-}C\begin{matrix}\nearrow S \\ \searrow O\text{-}C(C_6H_5)_2COOH\end{matrix} \rightarrow C_6H_5\text{-NH-}C\begin{matrix}\diagup S\text{-}C(C_6H_5)_2COOH \\ \text{—}O\text{-}SO_3H \\ \diagdown O\text{-}C(C_6H_5)_2COOH\end{matrix}$$

$$\rightarrow \underset{\text{I}}{C_6H_5\text{-NH-}C\begin{matrix}\diagup S\text{-}C(C_6H_5)_2COOH \\ \diagdown O\end{matrix}} + (C_6H_5)_2C\begin{matrix}\diagup O\text{-}SO_3H \\ \diagdown COOH\end{matrix}$$

Le fait que l'acide obtenu par décomposition au moyen de la potasse est bien l'acide thiobenzilique est démontré par sa faculté d'être diméthylé par le sulfate de méthyle[1] et transformé par le chlorure ferrique en solution acétique en un acide dithiodicarbonique[2] :

$$(C_6H_5)_2C\begin{matrix}\diagup S\text{————}S\diagdown \\ \diagdown COOH\quad HOOC\diagup\end{matrix}C(C_6H_5)_2$$

Le poids moléculaire de ce dernier acide a été fixé par ébullioscopie de son éther diméthylique.

Chauffé avec l'acide sulfurique, l'acide thiobenzilique laisse dégager la quantité semi-moléculaire d'oxyde de carbone, ainsi que le fait l'acide benzilique lui-même.

Lorsqu'on chauffe l'acide I dissous dans la pyridine, il perd de l'anhydride carbonique dès 60°. Le produit,

$$C_6H_5\text{-NH-CO-S-CH}(C_6H_5)_2,$$

est insoluble à froid dans les alcalis.

Si l'on chauffe le même acide seul, ou avec de l'anhydride acétique, ou mieux encore avec de l'alcool méthylique et de l'acide sulfurique concentré, il fournit un anhydride interne, la 3.5.5 - triphényl - 2.4 - dicéto - thiazolidine, qui n'est pas décomposée par la potasse diluée, même après une courte ébullition.

Les trois tolylsénévols réagissent comme le phénylsénévol avec l'acide benzilique, et donnent une série de dérivés correspondant aux précédents.

Pelet et Wolf (Lausanne). — *La fixation des colorants basiques par différentes fibres textiles.*

Les essais d'absorption à la température ordinaire ont été exécutés dans les mêmes conditions que ceux précédemment décrits (cf. Theorie des Färbeprozesses). Cette étude a porté sur les

[1] Liebermann et Voeltzkow, *Berichte* **13**, 276.
[2] P. J. Meyer, *Berichte* **14**. 1662.

textiles suivants : Soie, Schappe, Tussah, Laine, Coton débouilli, Coton blanchi, Viscose, Fil brillant (Glanzstoff), Soie Chardonnet, Coton mercérisé.

Tous les textiles ont été préalablement lavés à fond, puis rincés à l'eau distillée jusqu'au moment où les eaux de lavage présentent la conductibilité minimum, ne changeant pas sensiblement et voisine de celle de l'eau distillée. Cette opération préliminaire doit être exécutée avec soin si l'on veut mesurer le pouvoir absorbant du textile et non le pouvoir absorbant de la fibre et des sels qu'elle retient par absorption.

Les colorants expérimentés ont été : Bleu de méthylène, Fuchsine, Safranine, Violet cristallisé, Vert malachite, Vésuvine, Chrysoïdine, Auramine, Bleu Victoria.

Si l'on compare les résultats d'absorption obtenus dans des conditions identiques, on peut énoncer les conclusions suivantes :

Pour une même quantité de fibre textile, la quantité de colorant basique fixé n'est pas proportionnelle au poids moléculaire du colorant. Les textiles se comportent d'une façon différente avec les divers colorants ; ils peuvent être classés en trois groupes :

1° Fibres de faible pouvoir absorbant : cotons naturels, coton mercérisé, soies artificielles de viscose et fil brillant. De l'un à l'autre de ces textiles, le pouvoir absorbant est sensiblement égal pour le même colorant.

2° Fibres de pouvoir absorbant moyen : Les diverses variétés de soie et de laine.

3° Fibres de grand pouvoir absorbant : Soie Chardonnet.

Dans le tableau suivant, sont indiquées, pour un textile de chaque groupe, les quantités de colorant absorbées en mgr. par 5 gr. de fibre *lavée à fond*. Solutions de 200 cm³ à 2 ‰, température ordinaire.

	I Soie Chardonnet	II Soie naturelle	III Coton blanchi
Auramine	236 (7)	152 (7)	60 (2)
Bleu de méthylène	323 (3)	41 (10)	14 (10)
Bleu Victoria	323 (1)	284 (1)	40 (5)
Chrysoïdine	195 (9)	130 (8)	44 (4)
Fuchsine	195 (9)	200 (3)	54 (3)
Fuchsine nouvelle	310 (4)	216 (2)	23 (7)
Safranine	190 (10)	73 (9)	28 (6)
Vert Malachite	241 (6)	170 (5)	11 (10)
Vésuvine	324 (2)	179 (4)	65 (1)
Violet cristallisé	219 (8)	161 (6)	20 (8)

L'ordre de classement (indiqué par les chiffres entre parenthèses) varie d'un groupe de textile à l'autre.

Vis-à-vis des divers colorants, la soie Chardonnet se comporte d'une façon complètement différente des fibres naturelles et artificielles à base de cellulose ; elle paraît en conséquence différer des fibres cellulosiques soit par sa constitution, soit par sa composition. La soie Chardonnet se rapproche beaucoup, quant à son pouvoir absorbant, das soies naturelles et de la laine (II) et s'écarte des fibres à base de cellulose (III). La soie Chardonnet se différencie toutefois des fibres animales naturelles par sa grande affinité pour le bleu de méthylène, tandis que les soies et la laine n'ont vis-à-vis de ce colorant qu'un pouvoir absorbant très faible, de l'ordre de grandeur des textiles à base de cellulose.

Les colorants employés étaient purs, les dosages étaient exécutés par des méthodes volumétriques qui ont été étudiées préalablement.

Ph.-A. Guye et F.-E.-E. Germann. — *Influence des impuretés gazeuses de l'argent sur les valeurs des poids atomiques déterminés par les méthodes classiques.*

Les auteurs ont montré précédemment que l'argent pur, fondu dans l'hydrogène, retient des traces d'oxyde de carbone et de vapeur d'eau qui représentaient, dans leurs expériences, 42/1,000,000 du poids de l'argent.

Il en résulte d'abord qn'il faut abaisser de la même quantité relative le poids atomique de l'argent ; cette correction est négligeable si l'on exprime ce poids atomique avec deux décimales. Mais elle ne l'est plus pour les poids atomiques qui dérivent de celui de l'argent par des différences. Il est aisé de calculer que sur plusieurs poids atomiques usuels l'erreur imputable à la présence dans l'argent de 42/1,000,000 d'impuretés gazeuses conduit aux erreurs suivantes, indiquées ici à titre d'exemples :

Rapports atomiques	Poids atomiques arrondis	Erreur absolue	Erreur relative
Cl : Ag	Cl = 35.5	— 0.005	— 1/7100
Br : Ag	Br = 80	— 0.005	— 1/16000
I : Ag	I = 127	— 0.005	— 1/25400
PCl_3 : 3Ag	P = 31	+ 0.021	+ 1/1480
LiCl : Ag	Li = 7	+ 0.007	+ 1/1000
KCl : Ag	K = 39	+ 0.008	+ 1/4880
$SrCl_2$: 2Ag	Sr = 77.5	+ 0.017	+ 1/5100
KBr : Ag	K = 39	+ 0.019	+ 1/3900
$SrBr_2$: 2Ag	Sr = 88	+ 0.020	+ 1/4380

On voit par ces données à quelles erreurs s'exposent les expérimentateurs qui persistent à ne procéder aux révisions de poids atomiques qu'à partir de rapports atomiques entre l'argent et les sels halogénés. A l'avenir ils auront à faire la preuve que ce métal est exempt de gaz ou à déterminer la correction nécessaire.

COMPTE RENDU DES SÉANCES

DE LA

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE ET D'HISTOIRE NATURELLE

DE GENÈVE

Séance du 15 octobre 1914

B.-P.-G. Hochreutiner. Deux phénomènes végétaux intéressants sous notre latitude. — A. Schidlof. Remarques sur l'état d'équilibre thermodynamique d'unfluide dans le voisinage de son point critique.

M. B.-P.-G. Hochreutiner signale la présence, dans la propriété de M. Edouard Sarasin, au Grand-Saconnex, de *deux phénomènes végétaux intéressants sous notre latitude*[1].

D'une part, un *Taxodium distichum* avec des pneumatophores remarquablement développés, et d'autre part, un cerisier épiphyte sur un saule. Ce cerisier, qui a dû être rigoureusement épiphyte au début, a prolongé ses racines jusqu'au sol, où elles ont depuis lors puisé leur nourriture plus abondante; elles sont devenues très grosses et constituent un véritable tronc aérien, analogue à ceux qui se forment aux dépens des racines aériennes des *Ficus* tropicaux.

M. A. Schidlof présente des *Remarques sur l'état d'équilibre thermodynamique d'un fluide dans le voisinage de son point critique.*

Il attire l'attention sur le fait que le point critique d'un fluide est un état d'équilibre thermodynamique *de nature particulière,* en ce sens que la seconde variation de l'entropie du corps correspondant à une variation virtuelle du volume spécifique est nulle au point critique. Cela est dû à la compressibilité du fluide qui devient infinie dans ces conditions.

[1] Voir *Archives*, novembre 1914, t. XXXVIII, p. 344.

L'interprétation physique de ces considérations conduit à une explication de l'opalescence critique qui s'accorde avec la théorie des fluctuations statistiques de M. Smoluchowski. L'interprétation thermodynamique présente même une plus grande généralité et peut être considérée comme une confirmation de la théorie statistique du phénomène.

Un exposé plus détaillé de cette communication paraîtra prochainement dans les *Archives*.

Séance du 5 novembre

J. Briquet. La déhiscence en Y dans la silique des Crucifères.

M. J. Briquet. — *La déhiscence en* Y *dans la silique des Crucifères.*

On sait que chez les Crucifères à fruit déhiscent, à déhiscence longitudinale, les valves se détachent par la formation de quatre fentes placées deux par deux à une faible distance du cadre de placentation. Il reste donc après la chute des valves un cadre ou *replum* portant les semences. Ces dernières sont le plus souvent accouplées et les semences de chaque couple sont séparées par une membrane appelée *septum*, due à une évagination de l'endocarpe suivie d'une soudure. En coupe transversale, la déhiscence se montre préparée par un tissu *ad hoc* disposé selon deux lignes de parcours varié, mais régulièrement symétriques, placées à droite et à gauche du replum. Le replum possède toujours son épicarpe après la chute des valves.

Or, nous avons constaté dans le fruit du *Camelina sativa* L. un processus différent. Le replum est fendu dans sa région extérieure par une ligne de déhiscence unique. Celle-ci pénètre jusqu'au massif central du replum (formé de deux faisceaux à xylènus opposés); elle se bifurque ensuite, chacun des jambages allant rejoindre l'endocarpe à droite et à gauche du replum. La figure ainsi produite est celle d'un Y. Il en résulte qu'après la chute des valves, le replum est *dépourvu d'épicarpe* et que le massif central est mis à nu.

Des recherches bibliographiques ont montré que ce mode de déhiscence en Y a été aperçu dès 1884 par M. Leclerc du Sablon. Cet auteur le signale chez le *Sisymbrium acutangulum* D. C. Mais l'étude du fruit de cette Crucifère montre une organisation qui n'a aucun rapport avec celle décrite par l'auteur, et qui cadre en tous points avec celle que comporte le processus normal chez les crucifères. Les divergences entre l'exposé de M. Leclerc de

Sablon et la réalité sont telles qu'elles ne peuvent s'expliquer autrement que par une erreur de détermination. Nos connaissances de détail sur la carpologie des Crucifères sont malheureusement encore trop insuffisantes pour que l'on puisse soupçonner quelle Crucifère cet auteur a eu en vue.

L'auteur expose comparativement la carpologie du *Camelina* et du *Sisymbrium*, travail qui fera l'objet d'un article détaillé.

Séance du 19 novembre

Prof. Emile Yung. Influence de l'inanition sur les cellules épithéliales. — Arnold Pictet. Réaction thermotropique chez les Insectes. — Prof. Ch.-Eug. Guye. La nature du frottement intérieur des solides et ses variations avec la température. — A. Schidlof. Appareil d'exercices pour la mesure barométrique précise des petites altitudes.

M. le prof. Emile Yung. — *Influence de l'inanition sur les cellules épithéliales.*

L'auteur rappelle qu'il a démontré dans ses précédentes communications que la diminution de poids et la perte de volume constatées durant le jeûne chez les animaux soumis à une absolue inanition, ne résulte pas de la diminution du nombre des cellules mais d'une réduction de la taille de chacune d'elles. C'est tout le contraire de ce qui se passe au cours de la croissance ; les cellules d'un géant ont les mêmes dimensions que celles d'un nain, mais elles sont beaucoup plus nombreuses chez le premier que chez le second.

Mais si la réduction de taille des cellules inanitiées est la règle pour les cellules des tissus comme pour les cellules libres (Amibes, Infusoires), elle diffère d'une espèce cellulaire à l'autre. Après avoir étudié à cet égard les cellules musculaires, hépatiques et adipeuses, M. Yung a porté son attention sur les cellules de l'épithélium intestinal chez deux poissons : *Esox luxius* et *Lota vulgaris*, ainsi que chez deux amphibiens : *Rana temporaria* et *Triton alpestris*. Les régions intestinales plus particulièrement explorées furent l'œsophage, le fundus, le duodénum ou portion de l'intestin grêle comprise entre le pylore et la première anse intestinale. Les deux espèces cellulaires sur lesquelles portèrent les mensurations, furent les cellules de revêtement ou absorbantes et les cellules caliciformes.

La technique suivie a été la même dans tous les cas : fixation au sublimé acétique à 4 %, coloration au Heidenhain et au carmin boracique. Dilacération après macération dans acide chromique à $^1/_{00}$ et coupes en paraffine. Mensurations d'un même nombre de

cellules prises au lieu correspondant chez l'individu normal pris comme témoin et chez des individus initialement de même poids que le premier, mais soumis à des jeûnes de durée déterminée, généralement 1 mois, 2 mois, 3 mois, une année, etc.

Voici les principales conclusions :

1° Les cellules de recouvrement sont les plus éprouvées pendant les premiers temps du jeûne ; elles se débarrassent assez rapidement de leurs increta ; leur transparence s'accentue, leur plateau s'amincit et leur volume (longueur, largeur) commence à diminuer. Cette réduction atteint jusqu'au sixième de la taille primitive.

2° Les cellules caliciformes dont la réaction première est une hypersécrétion de mucus, diminuent moins que les précédentes ; à la mort de l'animal leur réduction ne dépasse pas le quart de leurs dimensions normales.

3° Les unes et les autres perdent surtout de leur cytoplasma. Les substances nucléaires sont les moins atteintes, ce qui se manifeste par là que la cellule inanitiée présente un noyau relativement beaucoup plus gros que la cellule nourrie.

4° Les déchéances cytoplasmatiques ne sont pas accompagnées dans ces deux espèces de cellules de phénomènes de vacuolisation.

5° Les parois des cellules de revêtement s'accentuent au cours de l'inanition et leurs lignes de démarcation deviennent plus précises, tandis que c'est le contraire qui se présente chez les cellules calififormes dont les contours deviennent tout à fait indistincts dans les derniers temps du jeûne.

M. Arnold Pictet. — *Réactions thermotropiques chez les Insectes* (Résumé)[1].

La température joue un rôle considérable dans tous les domaines de la biologie des Insectes. Cependant son action n'est pas toujours la même suivant que l'on considère des individus de la génération estivale ou bien des individus hivernants. Les premiers ont un intérêt capital à rechercher la chaleur, les seconds à la fuir et, de l'état calorifique auquel ils sont astreints peut dépendre la survivance de l'espèce. On en jugera d'après les expériences suivantes, pratiquées avec plusieurs Lépidoptères dont une génération hiverne à l'état de Papillon et dont l'autre est estivale *(Vanessa urticœ, V. io, V. cardui, V. atalanta, etc.)*[2] :

[1] Ces recherches seront publiées ultérieurement en détail et corroborées avec les données acquises dans le domaine des tropismes.

[2] Nous avons pu confirmer ces résultats avec d'autres espèces à l'état d'œuf et de larve. Nous devons cependant rappeler que les larves hivernantes de plusieurs espèces *hivernent* quand même elles sont maintenues

I. *Des Papillons appartenant à la génération estivale sont maintenus, sans nourriture, dans une glacière (5° environ).* Ils meurent au bout de 5 à 8 jours.

II. *Des Papillons appartenant à la génération hivernante sont maintenus dehors, pendant l'hiver, sans nourriture.* Ils restent en vie jusqu'au printemps.

III. *Des Papillons de la génération hivernante sont maintenus dans la chambre chauffée, sans nourriture.* Ils meurent au bout de 5 à 8 jours.

Nous voyons, par ce qui précède, qu'il est nécessaire dans les recherches thermotropiques de tenir compte de cet intérêt qui est différent selon que les individus appartiennent à l'une ou l'autre génération et qui amène des réactions également différentes, ainsi qu'on le verra :

Expériences avec des Papillons de Vanessa io

IV. Nous nous servons d'une étuve dont la paroi supérieure dégage une température de 25°. Sur cette étuve nous plaçons des Papillons d'été ; il restent sans bouger, tandis que, dans les mêmes conditions, des Papillons se préparant à l'hivernage quittent l'étuve en marchant, tombent sur le sol, où ils s'immobilisent.

V. Un radiateur se trouve contre la paroi du laboratoire au-dessous d'une fenêtre, laquelle est ouverte. Au sommet du radiateur nous plaçons un plan incliné (une mince planchette) qui s'appuie sur le rebord de la fenêtre et se prolonge de deux mètres au dehors. Il résulte de ce dispositif que le bas du plan incliné est chauffé à 25° et que son sommet, émergeant dehors, reçoit la température ambiante qui est de 8° ; du radiateur au sommet du plan, la température va en décroissant ; elle est de 10° *(point thermique où débute le sommeil hivernal)* au niveau de la fenêtre.

a) *Réactions des Papillons à l'état de veille.* Placés à la base du plan, ils n'effectuent aucun mouvement ; placés au sommet, ils descendent jusque sur le radiateur où ils s'immobilisent.

b) *Réactions des Papillons hivernants.* Placés à la base du plan (la position donnée à l'individu n'importe pas) ils le gravissent jusqu'à ce qu'ils aient atteint le sommet, où ils s'immobilisent[1].

Observation. Pour parcourir le plan incliné, dans le sens ascendant ou descendant, les Papillons marchent et se comportent comme

dans une chambre chaude pendant l'hiver. Voir Arnold Pictet : Le rôle joué par la sélection naturelle dans l'hibernation des Lépidoptères. *Compte-rendu du IVe congrès intern. Zoologie.* Monaco 1913.

[1] Ces expériences ont été pratiquées successivement par temps ensoleillé et par temps couvert ; elles ont donné les mêmes résultats dans ces deux cas. Toute action héliotropique peut donc être écartée.

dans n'importe quel acte de leur vie habituelle, sans essais, sans oscillations; ils vont droit au but. Les *hivernants* ne s'arrêtent pas au point où la température marque 10° (ils s'arrêteraient à ce point s'il s'agissait d'un tropisme), mais vont aussi haut qu'ils peuvent monter. Ces réactions sont donc bien dues à des phénomènes psychologiques et de sensibilité, d'état de conscience et de recherche des conditions héréditaires favorables et nécessaires au maintien de l'espèce.

VI. 38° à 45°. *(Expériences résumées dans leurs grandes lignes)*. Une source de chaleur agit sur le côté d'un plan horizontal, sur lequel sont placés les Papillons à une distance variable du centre calorifique.

a) *Réactions des Papillons à l'état de veille*. Ils s'envolent ou s'enfuient en marchant dans n'importe quelle direction; plusieurs passent par dessus le stimulus. La position donnée à l'animal par rapport à celui-ci n'importe pas.

b) *Réactions des Papillons en sommeil journalier*. Ils ont une tendance à s'orienter à l'opposé du stimulus; dans cette orientation ils marchent et lèvent alternativement les pattes; un ou deux battements d'ailes.

c) *Réactions des Papillons en sommeil hivernal incomplet (par 10° dehors)*. Ils se comportent sensiblement comme en b.

d) *Réactions des Papillons en sommeil hivernal complet (par 1° à 2° dehors)*. Ils observent un comportement qui peut être envisagé comme un cas de thermotropisme négatif absolu, avec deux modes de réaction suivant la position des pattes. Celles-ci, à l'état de repos, sont placées de chaque côté du corps, légèrement recourbées. Les ailes sont dressées sur le dos. Les Insectes sont disposés latéralement par rapport au stimulus.

1. *Les pattes sont perpendiculaires au corps;* stimulus à gauche. Le Papillon incline son corps et ses ailes à droite, sans que l'extrémité des pattes quitte l'endroit du substratum où elles sont fixées. Cette inclinaison est produite vraisemblablement par une tension musculaire des pattes du côté chauffé. On remarque en effet que celles-ci se détendent, ce qui donne, au corps, l'inclinaison observée. En plaçant le stimulus à droite, le Papillon se redresse, puis s'incline ensuite à gauche.

2. *Les pattes sont placées obliquement et dirigées en arrière du corps*. La tension musculaire des pattes chauffées, agissant d'arrière en avant, fait subir au corps un mouvement de rotation de 80° environ; le Papillon s'incline ensuite comme au nº 1. (Dans ces deux derniers cas il n'y a pas de battement d'ailes.)

Conclusions. Les réactions des Papillons à l'état de veille sont quelconques et leur comportement est le même que dans n'importe quelles circonstances de leur vie habituelle (réactions dues à

un phénomène de sensibilité). Au contraire, dans les mêmes conditions, les Papillons en sommeil hivernal, chez lesquels les phénomènes de sensibilité sont annihilés par la léthargie, présentent seuls un tropisme très marqué, dans le sens de la conception de Lœb. Les individus en sommeil incomplet réagissent de façon intermédiaire. Il est impossible de ne pas reconnaître aux Papillons des états de conscience très marqués qui, *à l'état de veille*, sont assez puissants pour annuler l'effet mécanique du tropisme; celui-ci n'agit qu'à l'état de sommeil léthargique.

M. le prof. Ch.-Eug. Guye développe quelques considérations sur *la nature du frottement intérieur des solides et ses variations avec la température;* considérations que M. Guye se proposait de développer à la séance annuelle de la Société Helvétique des sciences naturelles de Berne. (Voir *Compte rendu* de cette session.)

M. A. Schidlof. — *Appareil d'exercices pour la mesure barométrique précise des petites altitudes.*

L'appareil se compose d'un ballon en verre de 200 cm^3 de capacité communiquant avec un manomètre à air libre dont les tubes ont 3 mm. de diamètre intérieur. La communication avec le manomètre peut être interceptée au moyen d'un robinet à trois voies. Lorsque l'appareil est hors du service on met le ballon en communication avec l'atmosphère pour empêcher que le liquide du manomètre ne pénètre dans le ballon par suite des variations de la pression extérieure. Une tubulure relie le manomètre à une petite poire de caoutchouc remplie d'eau distillée dont on règle micrométriquement le volume de façon à amener, dans le tube du manomètre qui communique avec le ballon, le niveau de l'eau jusqu'à un trait de repère très fin. Ce réglage fait, on note la position du ménisque de l'eau dans la seconde branche du manomètre qui est munie d'une bonne division millimétrique à traits fins. Dans le modèle présenté à la Société de physique — qui a été construit par le préparateur de l'institut de physique M. C. Margot — la lecture des ménisques se fait à la loupe avec une précision de 0.2 mm., mais on peut porter la précision des lectures sans grande difficulté à 0.1 mm. Dans ce dernier cas l'appareil permettrait d'apprécier des différences d'altitude de 8 cm.

Le ballon est entouré d'un réservoir renfermant environ 2 litres d'eau. Cette masse d'eau suffit pour garantir une température constante du gaz pendant la durée de l'expérience. (Pour des observations de plus longue durée on entourera le ballon de glace râpée de façon à maintenir le gaz à 0°.) La température et le volume du

gaz étant maintenus constants les déplacements du ménisque dans la seconde branche du manomètre indiquent les variations de la pression atmosphérique en unités c. g. s. (baryes).

L'institut de physique dispose d'un ascenseur servant au transport des appareils qu'on amène du sous-sol (laboratoire d'exercices) au premier étage du bâtiment universitaire où se trouvent les collections d'instruments et l'atelier de mécanique. On a ainsi deux stations situées l'une exactement au-dessus de l'autre à une distance verticale de 10,85 mètres.

Cette différence d'altitude étant connue, le petit instrument permet aux élèves de déterminer la densité moyenne de la colonne d'air avec une précision de 1.5 %. La précision atteindrait 0.7 % si la lecture des ménisques se faisait à 0,1 mm. près.

Etant donnée l'importance fondamentale des expériences de Pascal pour le développement de la physique, notre appareil d'exercices nous semble un précieux moyen d'enseignement. Les conditions nécessaires pour effectuer l'expérience avec une exactitude suffisante sont probablement réalisables dans tous les laboratoires, et l'expérience constitue alors une excellente manipulation de débutant très simple et très instructive.

BULLETIN SCIENTIFIQUE

PHYSIQUE

Dr. R. Pohl und Dr. P. Pringsheim. Die lichtelektrischen Erscheinungen. *Sammlung Vieweg*, Tagesfragen aus den Gebieten der Naturwissenschaften und der Technik. Heft 1, 144 S. 36 Fig. im Text. Friedr. Vieweg & Sohn. Braunschweig 1914.

On ne peut que féliciter les éditeurs d'avoir pris l'heureuse initiative de cette nouvelle collection qui a été déjà signalée aux lecteurs des *Archives* à propos du traité de M. Gockel sur la radioactivité. Chaque fascicule a pour but de présenter une question scientifique ou technique dans son état de développement actuel, sous une forme concise qui ne s'adresse pas exclusivement à des spécialistes et cependant assez détaillée pour servir de mise au point complète. Des indications bibliographiques permettant une documentation plus approfondie accompagneront chaque monographie.

Le but proposé ne sera pas toujours facile à atteindre, mais on ne peut pas douter qu'une collection de ce genre vraiment bien faite formera un outil très apprécié par les savants.

Le sujet de l'ouvrage qui est sous nos yeux est très bien choisi au point de vue de l'actualité et de l'intérêt scientifique général. On a commencé depuis quelque temps à utiliser les effets photoélectriques pour des mesures photométriques objectives. Cette méthode semble être susceptible d'une grande précision, et elle serait par là ainsi que par sa simplicité destinée à un grand avenir. Chaque expérimentateur connaît les difficultés et les imperfections des méthodes classiques de photométrie et conçoit l'importance que prendrait dans les recherches toute méthode nouvelle bien qualifiée. Il en est de même pour ce qui concerne la photométrie industrielle.

L'effet photoélectrique se rattache ailleurs à des problèmes physico-chimiques d'un intérêt théorique passionnant, à la théorie des électrons d'une part, aux questions de la structure des atomes et de la nature des forces chimiques d'autre part.

L'expulsion des électrons sous l'influence de la lumière visible, de la lumière ultra-violette et des rayon X est un phénomène qui actuellement encore n'est nullement susceptible d'une interprétation simple et satisfaisante. Les nombreuses études faites sur cette

question qui sont autant d'assauts pour arracher à la nature le secret de certaines propriétés élémentaires de l'énergie rayonnante, en font preuve. La liste bibliographique que MM. Pohl et Pringsheim ajoutent à leur ouvrage et qui ne prétend nullement être absolument complète, ne comprend pas moins de 198 publications faites pour la plupart dans les années 1909 à 1913.

Ce qui rend l'effet photoélectrique particulièrement mystérieux c'est qu'il n'est pas, comme l'on pourrait penser à première vue, un simple phénomène de résonnance. L'énergie relativement considérable qui est nécessaire pour détacher un électron s'accumule dans quelques rares atomes dont la « disposition photoélectrique » semble obéir à des lois statistiques. Peut-être y-a-t-il une analogie avec la dissociation radioactive régie également par les lois du hasard. Cependant dans le phénomène photoélectrique c'est un agent *extérieur* qui produit l'expulsion des électrons ; une répartition discontinue de l'énergie sur le front de l'onde expliquerait d'ailleurs aussi l'inégalité des effets produits sur les atomes présents.

On constate en outre — au moins dans le cas le plus général de l'effet dit « normal » — que l'énergie cinétique des électrons expulsés croît en même temps que la fréquence de la vibration excitatrice. Ce fait a été prévu par Einstein en 1905 comme une des conséquences de l'hypothèse qui forme la base de la loi du rayonnement de Planck. Il constitue une des rares lois quantitatives pouvant guider les recherches photoélectriques.

Le mécanisme de l'effet photoélectrique n'en reste pas moins obscur et soulève de graves difficultés pour l'optique théorique, mais d'autre part ces études expérimentales permettent de préciser nos idées sur la structure intime des atomes et sur la dynamique intraatomique. On comprend dès lors leur intérêt pour la chimie. Il y a là tout un complexe de problèmes aussi ardus pour le théoricien que pour l'expérimentateur dont la solution apporterait des éclaircissements de la plus haute importance.

Les auteurs qui par de nombreux mémoires ont largement contribué au progrès de nos connaissances sur les phénomènes photoélectriques peuvent être sûrs de la reconnaissance du lecteur qui tirera grand profit de chaque page du petit livre. Le format très élégant, l'exécution soignée des figures sont à mentionner.

Souhaitons que les publications suivantes de la nouvelle collection présentent toutes autant de mérites que ce premier fascicule.

A. S.

LISTE BIBLIOGRAPHIQUE

des Travaux de Chimie faits en Suisse

—

1914

Juin

136. BARAGIOLA (W. I.) und SCHUPPLI (O.). Die Bestimmung der Milchsäure im Weine nach dem Chlorbariumverfahren von W. Möslinger. Wädenswil. Chem. Abt. der schweiz. Versuchsanstalt. — *Zeitschr. Unters. Nahrungsmittel* **27.** 841.

137. BARLADEAN (A. G.). Reinigung des destillierten Wassers durch Ausfrieren. Bern. Botan. Inst. der Univ. — *Schweiz. Apotheker-Zeitung*. **52.** 369. 382.

138. BATTELLI (F.) und STERN (L.). Die Abhängigkeit der Oxydone von den Proteinkörpern. Genf. Physiol. Inst. der Univ. — *Biochem. Zeitschr.* **63.** 369.

139. BAUME (Georges). Remarques sur les courbes de fusibilité de quelques systèmes volatils. Genève. Lab. de ch. physique de l'Univ. — *J. ch. phys.* **12.** 206.

140. BAUME (Georges). Recherches quantitatives sur les systèmes volatils. Courbes de fusibilité des systèmes formés par l'oxyde de méthyle avec l'acide chlorhydrique, l'anhydride sulfureux et le chlorure de méthyle. Genève. Lab. de ch. physique de l'Univ. — *J. ch. phys.* **12.** 216.

141. BAUME (Georges) et BOROWSKI (Waclaw). Courbes de fusibilité des systèmes formés par l'acide chlorhydrique et l'alcool méthylique avec le chlorure de méthyle. Genève. Lab. de ch. physique de l'Univ. — *J. ch. phys.* **12.** 276.

142. BAUME (Georges) et GEORGITSES (Néoptolème). Courbes de fusibilité des systèmes formés par l'acide sulfhydrique, l'éthane et l'acide propionique avec l'acide chlorhydrique. Genève. Lab. de ch. physique de l'Univ. — *J. ch. phys.* **12.** 250.

143. Baume (Georges) et Germann (Albert F. O.). Courbes de fusibilité des systèmes formés par l'acétylène, l'éthylène et l'oxyde azotique avec l'oxyde de méthyle. Genève. Lab. de ch. physique de l'Univ. — *J. ch. phys.* **12.** 242.

144. Baume (Georges) et Pamfil (Georges P.). Courbes de fusibilité des systèmes formés par l'acide chlorhydrique et l'anhydride sulfureux avec l'alcool méthylique ; mécanisme de la formation des esters. Genève. Lab. de ch. physique de l'Univ. — *J. ch. phys.* **12.** 256.

145. Baume (Georges) et Perrot (F. Louis). Courbes de fusibilité des systèmes que forment l'oxyde de méthyle et l'alcool méthylique avec l'ammoniac, l'acide sulfhydrique et l'anhydride carbonique. Densité de quelques gaz liquéfiés. Genève. Lab. de ch. physique de l'Univ. — *J. ch. phys.* **12.** 225.

146. Baume (Georges) et Tykociner (Aline). Courbe de fusibilité du système anhydride sulfureux-eau. Genève. Lab. de ch. physique de l'Univ. — *J. ch. phys.* **12.** 270.

147. Borzekowski (Chil Szaja). Ueber optisch-aktive hydroxylaminhaltige Kobaltiake. *Dissert.* Zürich (Prof. Werner).

148. Ephraim (Fritz). Ueber die Natur der Nebenvalenzen. Beständigkeitsgrenzen komplexer Anionen. Bern. Anorg. Lab. der Univ. — *Berichte* **47.** 1828.

149. Fellenberg (Th. von). Ueber den Ursprung des Methylalkohols in Trinkbranntweinen. Bern. Lab. des schweiz. Gesundheitsamtes. — *Mitt. Lebensmittelunters.* **5.** 172.

150. Fichter (Fr.) und Müller (Emil). Versuch einer Theorie der Seidenerschwerung mit Stannichlorid. Basel. Anorg. Abt. der chem. Anstalt der Univ. — *Chem.-Zeitung* **38.** 693.

151. Fichter (Fr.) und Stocker (Robert). Die elektrochemische Oxydation aromatischer Kohlenwasserstoffe und Phenole. Basel. Anorg. Abt. der chem. Anstalt. — *Berichte* **47.** 2003.

152. Gurewitsch (Hersch). Ueber innere Komplexsalze. *Dissert.* Zürich (Dr Baudisch).

153. Haarsma (Marinus J. F.). Die Synthese des 2,3-Dimethoxyacetophenons. *Dissert.* Bern (Prof. Tambor).

154. Häussler (E. P.). Die Berechnung der fettfreien Trockenmilchsubstanz in Milch-und Rahmschokoladen. Freiburg. — *Pharm. Zentralhalle* **55.** 571.

155. Herzfeld (E.). Beiträge zur Chemie der proteolytischen Fermente. Zürich. Chem. Lab. der med. Klinik. — *Biochem. Zeitschr.* **64.** 103.

156. Hofmann (Ado). Ueber den Molekularzustand optisch-aktiver Körper. *Dissert.* Zürich (Prof. Pfeiffer).

157. Kahn (Jules). Recherches sur le mécanisme de la formation de l'ammoniac par les décharges électriques. *Thèse.* Genève (Dr Briner).

158. Kehrmann (F.), Havas (E.) und Grandmougin (E.). Konstitution und Farbe der Azin-, Azoxin- und Thiazin-Farbstoffe. Lausanne, Organ. Lab. der Univ. und Mülhausen, Organ. Lab. der Chemieschule. — *Berichte* **47.** 1881.

159. Küng (Albert). Ueber einige basische Extraktivstoffe des Fliegenpilzes (Amanita muscaria). Solothurn. Chem. Lab. der Kantonsschule. — *Zeitschr. physiol. Ch.* **91.** 241.

160. Mestanza (Ernesto A.). Ueber die Salze der seltenen Erden mit Phenolkarbonsäuren. *Dissert.* Zürich (Dr Jantsch).

161. Pfeiffer (Paul). Zur Nitrierung stereoisomerer Halogen-Zimtsäuren. Zürich. Chem. Univ.-Inst. — *Berichte.* **47.** 1755.

162. Pfeiffer (P.) und Halperin (O.). Ueber die wechselnde Affinität der Nebenvalenzen des Zinns. Zürich. Chem. Univ.-Lab. — *Zeitschr. anorg. Ch.* **87.** 335.

163. Reutter (L.). Analyse du cacao stabilisé. Paris et Genève. — *Schweiz. Apotheker-Zeitung* **52.** 308. 322. 325.

164. Rheinhold (Fritz). Etude comparée de la condensation du 2,6-dinitrobenzyle avec les amines aromatiques. *Thèse.* Genève (Dr Reich).

165. Rosenthaler (L.). Zur Gitalin-Frage. Bern. — *Schweiz. Apotheker-Zeitung* **52.** 349.

166. Sammet (O.). Ueber die Resorptionsfähigkeit von Guajakolhexamethylentetramin (Hexamecol) durch die Haut, sowie über eine neue Methode zum Guajakolnachweis im Harn. Zürich. Agrik.-chem. Lab. der techn. Hochschule. — *Zeitschr. physiol. Ch.* **91.** 233.

167. Schaffer und Arbenz (E.). Bestimmung der Pentosen und Methylpentosen im Wein. Bern. Lab. des schweiz. Gesundheitsamtes. — *Mitt. Lebensmitteluntersu.* **5.** 161.

168. Steinmann (A.). L'essai industriel du platine. Genève. Bureau de contrôle des ouvrages d'or et d'argent. — *Revue polytechn.* **16.** 146. 163. 178.

169. Stern (Lina). Ueber den Mechanismus der Oxydationsvorgänge im Tierorganismus (Jena) Genf.

170. Stern (Otto). Zur Theorie der Gasdissoziation. Zürich. — *Ann. der Physik* **44.** 497.

171. Verda (A.). Contributions à l'étude des falsifications du safran par une nouvelle réaction chimique et microchimique de cette drogue avec l'acide phosphomolybdique. Lugano. Lab. du chimiste cantonal. — *J. suisse de pharm.* **52.** 350. 365.

172. Wenger (P.) et Heinen (L.). Essais de réduction du phosphate disodique par le courant alternatif. Genève. Lab. de ch. anal. de l'Univ. — *Annales ch. anal.* **19.** 209.

173. Werner (A.). Ueber Metallverbindungen mit komplex gebundener Oxalsäure. Zürich. Chem. Inst. der Univ. — *Annalen* **405.** 212.

174. Werner (A.). Ueber Spiegelbild-Isomerie bei Rhodium-Verbindungen. Zürich. Univ.-Lab. — *Berichte* **47.** 1954.

175. Werner (A.). Zur Kenntnis des asymmetrischen Kobaltatoms. Zürich. Univ.-Lab. — *Berichte* **47.** 1961.

176. Widmer (Charles). Sur la nitration du m-aminophénol et de son éther méthylique. *Thèse.* Genève (Dr Reverdin).

177. Wiegner (Georg). Der Einfluss von Elektrolyten auf die Koagulation von Tonsuspensionen. Zürich. Agrik.-chem. Lab. der techn. Hochschule. — *Landw. Vers.-Stationen.* **84.** 283.

Juillet

178. Ackermann (Edwin) und Valencien (Charles). Ueber den Wert der refraktometrischen Untersuchung des Chlorkalziumserums der Milch für den Nachweis des Wasserzusatzes zur Milch. Genf. Kantonales Lab. — *Milchwirtschaftl. Zentralblatt.* **43.** 345.

179. Bach (A.). Empfindlichkeit der Peroxydase-Reaktion. Genf. Privatlab. — *Berichte* **47.** 2122.

180. Bach (A.). Purpurogallin-Ausbeuten bei der Oxydation des Pyrogallols mittels Peroxydase und Hydroperoxyd. Genf. — *Berichte* **47.** 2125.

181. Baume (Georges). Sur le mécanisme de la réaction chimique. Genève. Lab. de ch. physique de l'Univ. — *Archives des Sc. phys. et nat.* **38.** 5.

182. Bosshard (E.) und Huggenberg (W.). Zur Bestimmung des freien Aetzalkalis in Seifen. Zürich. Techn.-chem. Lab. der techn. Hochschule. — *Zeitschr. angew. Ch.* **27.** 456.

183. Bosshart (Jakob). Anomale Erscheinungen bei der Spaltung von Racemverbindungen. *Dissert.* Zürich (Prof. Werner).

184. Briner (E.) et Kuhne (A.). La décomposition du carbure de calcium et sa formation à partir des éléments. Genève. Lab. de ch. techn. et théor. de l'Univ. — *J. ch. phys.* **12.** 432.

185. Bürger (Arthur). Neue Versuche über negative Depolarisationserscheinungen. *Dissert.* Zürich (Dr Reichinstein).

186. Chodat (R.) und Kummer (R. H.). Ueber den Nachweis von Peptiden im Harn mittels der p-Kresol-Tyrosinase-Reaktion. Genf. Botan. Inst. der Univ. — *Biochem. Zeitschr.* **65.** 392.

187. Chuard (E.) et Mellet (R.). Contribution à l'étude de la production de la nicotine par la plante de tabac. Lausanne. — *J. suisse de pharm.* **52.** 406. 424.

188. Chuard (E.) et Mellet (R.). Sur la nicotine dans les sous-produits de la culture du tabac. Lausanne. — *Comptes rendus* **159.** 208.

189. Dubsky (J. V.). Die Affinitätsabsättigung der Haupt-und Nebenvalenzen in den Verbindungen höherer Ordnung. Zürich. — *Habilitationsschrift* und *J. prakt. Ch.* **90.** 61.

190. Estreicher (Tad.). Ueber die Kalorimetrie der niedrigen Temperaturen (Stuttgart) Freiburg.

191. Flood (Johannes). Ueber Hexamminsalze mit zweiwertigen Diaminen im Komplex. *Dissert.* Zürich (Prof. Werner).

192. Freudenreich (J. de). Préparation d'alliages destinés à des recherches magnétiques. Zürich. — *Archives des Sc. phys. et nat.* **38.** 36.

193. Guggenheim (M.). Beitrag zur Kenntnis des wirksamen Prinzips der Hypophyse. Basel. Physiol.-chem. Lab. von F. Hoffmann-LaRoche und Cie. — *Biochem. Zeitschr.* **65.** 189.

194. Guye (Ph. A.) et Germann (F. E. E.). Analyse de très petites quantités de gaz ; application à l'analyse de l'air. Genève. — *Comptes rendus* **159.** 154.

195. Guye (Ph. A.) et Germann (F. E. E.). Sur les gaz retenus par l'iode et l'argent. Genève. — *Comptes rendus* **159.** 225.

196. Häussler (E. P.). Eine neue Farbenreaktion auf Citronensäure. Freiburg. — *Chem.-Zeitung* **38.** 937.

197. Kehrmann (F.). Einige Bemerkungen über Darstellung und Eigenschaften der in den Tabellen der III. Mitteilung von Kehrmann, Havas und Grandmougin angeführten Verbindungen. Lausanne. Organ. Lab. der Univ. — *Berichte* **47.** 2156.

198. Kehrmann (F.) und Loth (E.). Ueber Resorcin-benzein (3-Oxy-9-phenyl-fluoron). Lausanne. Organ. Lab. der Univ. — *Berichte* **47.** 2271.

199. Kehrmann (F.) und Wentzel (F.). Zur Geschichte der Chinocarbonium-Theorie. Lausanne. Organ. Lab. der Univ. — *Berichte* **47.** 2274.

200. Koehler (Sigismond Adolf). Sur les dérivés de l'acide méta-nitrocinnamique. *Thèse*. Genève (Dr Reich).

201. Kurchin (Elisabeth). Tryptophanbestimmungen in normalen und pathologischen Nieren. Zürich. Chem. Lab. der med. Univ.-Klinik. — *Biochem. Zeitschr.* **65.** 451.

202. Margot (C.). Procédé simple de purification du mercure. Genève. Lab. de physique de l'Univ. — *Archives des Sc. phys. et nat.* **38.** 46 et *Revue polytechn.* **16.** 266. 274.

203. Oswald (Adolf). Ueber Mixommucin. Zürich. — *Zeitschr. physiol. Ch.* **92.** 144.

204. Ott (Erwin). Pyrogene Bildungsweisen des Kohlensuboxyds aus γ-Lactonen. Zürich. Chem. Inst. der techn. Hochschule. — *Berichte* **47.** 2388.

205. Pistor (Adolf E.). Beiträge zur Kenntnis der inneren Komplexsalze. *Dissert.* Zürich (Dr Baudisch).

206. Reich (Siegmund). Beitrag zur Theorie des Additionsvorganges bei ungesättigten Verbindungen. Genf. Organ. Lab. der Univ. — *J. prakt. Ch.* **90.** 177.

207. Reichinstein (D.). Der Zusammenhang zwischen elektrolytischen und rein chemischen Vorgängen. Zürich. Chem. Inst. der Univ. — *Zeitschr. Elektroch.* **20.** 406.

208. Reverdin (Frédéric). Nitrierung der Acylderivate des m-Amino-phenols. Genf. Organ.-chem. Lab. der Univ. — *Berichte* **47.** 2216.

209. Rieter (E.). Neuer Apparat zur Bestimmung des Fettgehaltes in Butter, Käse usw. Zürich. Lab. des Stadtchemikers. — *Chem.-Zeitung* **38.** 898.

210. Rosenthaler (L.). Der Nachweis organischer Verbindungen (Stuttgart) Bern.

211. Rupe (H.) und Löffl (K.). Die elektrolytische Reduktion des Carvoxims. Basel. — *Berichte* **47.** 2150.

212. Schwarz (H.). Probleme der Celluloidchemie und über die Notwendigkeit kolloidchemischer Anschauungen in dieser Industrie. Zürich. — *Kolloidchem. Beihefte* **6.** 90.

213. Trümpler (G.). Die Adsorptionsisotherme im Bereich sehr tiefer Konzentrationen. Zürich. — *Zeitschrift Kolloide* **15.** 10.

214. Tunmann (O.). Zur Morphologie und Mikrochemie von Podophyllum peltatum L. Bern. — *Pharm. Zentralhalle* **55.** 619.

215. Werner (A.). Zur Kenntnis des asymmetrischen Kobaltatom. Ueber Oxalo-diäthylendiamin-kobaltisalze und eine neue Spaltungsmethode für racemische anorganische Verbindungen. Zürich. Univ.-Lab. — *Berichte* **47.** 2171.

Août

216. Angerstein (Johannes). Ueber die Absorptionsspektren von Metallammoniaken. *Dissert.* Zürich (Prof. Werner).

217. Baragiola (W. J.) und Godet (Ch.). Die Entsäuerung der Weine in analytischer, physikochemischer und hygienischer Beziehung. Wädenswil. Chem. Abt. der schweiz. Versuchsanstalt. — *Mitt. Lebensmittelunters.* **5.** 261.

218. Barladean (A. G.). Ueber Löslichkeit des Glases. Bern. Botan. Inst. der Univ. — *Schweiz. Apotheker-Zeitung* **52.** 469. 485.

219. Fellenberg (Th. von). Zur Kenntnis des Pektins. Bern. Lab. des schweiz. Gesundheitsamtes. — *Mitt. Lebensmittelunters.* **5.** 225.

220. Fellenberg (Th. von). Zur Kenntnis des Traganths. Bern. Lab. des schweiz. Gesundheitsamtes. — *Mitt. Lebensmittelunters.* **5.** 256.

221. Fellenberg (Th. von). Zum Nachweis von Methylalkohol nach Denigès. Bern. Lab. des schweiz. Gesundheitsamtes. — *Mitt. Lebensmittelunters.* **5.** 259.

222. Fichter (F.). Die Kolbesche Reaktion bei der Sulfoessigsäure. Basel. Anorg. Abt. der chem. Anstalt. — *Zeitschr. Elektroch.* **20.** 471.

223. Häussler (E. P.). Die quantitative Bestimmung der Weinsäure in Getränken und besonders in Weinen. Freiburg. — *Zeitschr. anal. Ch.* **53.** 542.

224. Häussler (E. P.). Reaktionen des Vanillins. Freiburg. — *Zeitschr. anal. Ch.* **53.** 691.

225. Hessen (Richard). Ueber optisch-aktive Dinitrodiaethylendiamin-Kobaltisalze. *Dissert.* Zürich (Prof. Werner).

226. Hinden (Fritz). Sicherheitsvorrichtungen beim Arbeiten mit giftigen oder riechenden Gasen. Basel. Mineral.-geol. Inst. der Univ. — *Chem.-Zeitung* **38.** 1009.

227. Obermiller (Jul.). Prinzipielle Schwierigkeiten in der Behandlung der Orientierungsfrage. Basel. — *Zeitschr. angew. Ch.* **27.** 483.

228. Ras (Jan Albert). Ueber die Salze der seltenen Erden mit der Aepfelsäure. *Dissert.* Zürich (Dr Jantsch).

229. Schläpfer (Max). Beiträge zur Kenntnis der hydrothermalen Silikate. Zürich. Phys.-chem. Inst. der Univ. — *Vierteljahrsschr. der naturf. Ges. in Zürich* **59.** 43.

230. Tunmann (O). Ueber Radix Pimpinellæ, insbesondere über das Pimpinellin. Bern. — *Apotheker-Zeitung* **29.** 728.

231. Werner (A.). Sur l'activité optique des composés chimiques sans carbone. Zurich. — *Comptes rendus* **159.** 426.

232. Zimmermann (Wilhelm). Beiträge zur Kenntnis des symmetrischen m-Xylenols nebst Bemerkungen über einige seiner Isomeren. *Dissert.* Freiburg (Prof. Bistrzycki).

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A

L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

PENDANT LE MOIS

DE NOVEMBRE 1914

Le 1, rosée le matin.
2, gelée blanche le matin ; pluie dans la nuit.
3, pluie de 7 h. à 8 h. du matin.
4, brouillard le matin, pluie de 8 h. à 10 h. du soir ; pluie dans la nuit.
5, brouillard le matin.
les 6, 7, 9 et 10, rosée le matin.
le 11, brouillard le matin ; pluie dans la nuit.
12, pluie de 7 h. à 8 h., de 9 h. 50 m. à 10 h. 40 du matin, de 9 h. à 10 h. du soir ; pluie dans la nuit.
13, gelée blanche le matin ; pluie de 8 h. 30 m. à 10 h. du soir ; pluie dans la nuit.
14, pluie de 7 h. à 10 h. du matin, de 8 h. à 9 h. du soir ; pluie dans la nuit.
15, gelée blanche le matin ; pluie de 7 h. 40 à 10 h. du soir ; pluie dans la nuit.
16, pluie de 7 h. du matin à 1 h. et de 7 h. à 10 h. du soir ; pluie dans la nuit.
17, pluie de 9 h. à 10 h. du matin ; très forte bise depuis 4 h. du soir.
les 18 et 19, violente bise.
le 22, pluie de 7 h. 45 m. à 10 h. du soir et dans la nuit.
23, brouillard le matin, pluie de 7 h. 10 m. à 10 h. du soir.
25, neige à 4 h. du soir.
26, brouillard le matin.
27, gelée blanche le matin.
28, brouillard le matin.
30, gelée blanche le matin.

GENÈVE — NOVEMBRE 1914

Jour du mois	Température 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 8 Observ.	Ecart avec la normale	Min.	Max.	Fraction de Saturation en 0/0 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 8 Obs.	Ecart av. la norm.	Min.	Max.	Tempér. du Rhône Midi	Ecart avec la normale	Limnimètre
	0	0	0	0	0	0	0								0	0	mm.
1	+ 6.0	+ 8.8	+ 1.6	+ 6.79	− 0.18	+ 3.5	+11.3	90	74	93	85	+ 2	71	98	—	—	1655
2	2.2	10.5	8.9	6.87	+ 0.08	1.8	11.4	100	74	85	90	+ 7	72	100	12.0	+ 0.5	1635
3	7.8	12.6	9.2	9.94	+ 3.33	7.2	**14.0**	97	78	90	89	+ 5	66	98	12.0	+ 0.6	1740
4	8.2	11.7	9.5	9.70	+ 3.26	7.8	12.0	98	81	97	91	+ 7	78	98	12.3	+ 1.0	1680
5	8.9	11.7	10.5	**10.20**	+ 3.94	8.2	12.3	98	87	94	**93**	+ **9**	77	98	12.3	+ 1.2	1695
6	10.1	11.0	9.3	10.14	+ **4.05**	8.8	11.4	90	80	82	85	+ 1	72	94	12.0	+ 1.0	1685
7	8.7	10.0	9.9	9.44	+ 3.52	8.3	10.3	90	76	75	82	− 2	74	93	11.8	+ 0.9	1690
8	9.0	9.9	9.1	9.46	+ 3.72	7.8	10.3	70	68	71	70	−14	61	78	—	—	1675
9	6.0	9.4	4.7	7.32	+ 1.75	3.0	9.8	90	68	90	80	− 4	62	96	11.7	+ 1.1	1700
10	4.8	7.2	2.7	5.09	− 0.31	2.3	8.5	90	78	93	88	+ 4	72	95	11.3	+ 0.8	1680
11	4.2	9.6	2.6	5.06	− 0.18	2.2	10.0	93	66	90	84	0	63	93	11.3	+ 1.0	1695
12	7.2	8.2	4.1	6.36	+ 1.29	2.5	9.0	83	44	80	71	−13	42	85	11.0	+ 0.8	1645
13	2.1	11.2	6.5	6.10	+ 1.19	1.6	11.4	93	43	80	75	− 9	41	93	11.3	+ 1.2	1680
14	+ 6.6	6.7	3.6	5.45	+ 0.71	+ 3.0	7.5	91	80	97	86	+ 2	68	98	11.0	+ 1.0	1705
15	0.0	8.4	6.5	4.55	− 0.03	− 0.5	8.4	95	40	86	73	−11	**38**	96	—	—	1645
16	+ 8.8	8.8	7.0	7.64	+ 3.22	+ 4.4	9.8	63	71	80	76	− 8	63	86	8.3	− 1.4	1650
17	5.4	5.4	3.2	4.90	+ 0.64	+ 2.4	7.0	73	77	61	72	−12	60	82	7.5	− 2.1	1675
18	+ 2.0	3.1	+ 0.4	+ 1.94	− 2.16	− 0.2	3.3	64	52	83	**64**	**−20**	47	85	6.5	− 3.0	1755
19	− 1.5	+ 0.4	− 1.5	− 0.82	− 4.77	− 2.5	+ 0.6	90	85	88	84	0	73	91	6.8	− 2.5	1715
20	− 3.4	− 1.8	− 0.8	− **2.04**	− **5.83**	− **4.7**	− 0.5	82	80	88	83	− 1	68	90	7.3	− 1.9	1695
21	− 1.9	+ 0.5	+ 0.2	− 0.35	− 3.99	− 2.5	+ 0.9	92	73	83	83	− 1	70	93	7.3	− 1.8	1640
22	− 0.8	1.3	− 0.6	− 0.10	− 3.59	− 2.0	1.8	85	76	96	85	+ 1	73	96	—	—	1680
23	− 0.5	2.6	+ 2.2	+ 1.01	− 2.33	− 1.5	3.5	94	82	90	88	+ 3	76	95	7.7	− 1.1	1615
24	+ 2.0	7.4	2.0	3.71	+ 0.51	+ 1.2	8.2	93	80	91	85	0	65	93	8.0	− 0.7	1640
25	+ 0.2	4.2	+ 0.7	+ 1.56	− 1.50	− 0.5	5.0	74	57	90	76	− 9	44	93	7.7	− 0.9	1615
26	− 3.2	3.0	− 1.2	− 0.35	− 3.27	− 4.5	4.5	94	67	81	84	− 1	63	96	7.5	− 1.0	1615
27	− 3.4	4.5	+ 3.5	+ 0.83	− 1.95	− 4.0	5.5	87	62	78	79	− 6	60	93	7.3	− 1.1	1640
28	+ 0.8	3.6	2.6	1.96	− 0.68	− 1.5	3.6	85	87	83	88	+ 3	81	94	7.5	− 0.8	1620
29	0.0	4.2	0.4	1.79	− 0.72	− 1.2	5.2	92	74	89	84	− 1	72	94	—	—	1570
30	− 2.9	+ 9.2	+ 4.2	+ 2.73	+ 0.35	− 4.0	+10.0	96	44	65	72	−13	41	96	7.5	− 0.6	1610
Mois	+ 3.12	+ 6.78	+ 4.15	+ 4.56	+ 0.01	+ 1.55	+ 7.53	88	70	85	81	− 2			9.47	− 0.16	1665

GENÈVE — NOVEMBRE 1914

Jour du mois	Pression atmosphérique 700mm + 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 8 Obs.	Ecart av. la norm.	Barographe Min.	Barographe Max.	Vent 7 h.	Vent 1 h.	Vent 9 h.	Vent Dominant	Vit. moy. kil. h.	Nébulosité 7 h.	1 h.	9 h.	Moy. 6 obs.	Durée d'insolation	Pluie Hauteur 24 h.	Pluie Nombre d'heures
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm										h.	mm.	
1	15.4	16.0	16.6	16.03	-10.13	15.4	17.0	SSW. 1	NNE. 1	SE. 1	calme	1.6	9	9	7	7	0.9	....	....
2	19.2	20.6	22.1	20.14	- 6.02	17.0	23.2	SE. 0	NNE. 1	NE. 1	calme	1.2	6	9	10	7	4.3	2.0	2
3	23.5	23.2	22.8	23.12	- 3.03	22.6	23.9	SW. 0	NNE. 1	SW. 0	calme	1.1	10	9	9	9	4.8	1.0	1
4	21.6	20.5	20.8	21.21	- 4.95	19.8	22.8	S. 0	NE. 1	SSW. 0	calme	0.9	10	9	10	9	0.0	1.9	3
5	21.0	20.8	20.9	20.94	- 5.22	20.5	21.3	SW. 0	NNE. 1	NNW. 1	calme	1.2	10	10	9	10	0.0	0.1	....
6	21.4	22.0	24.3	22.36	- 3.80	21.0	24.9	NNE. 1	NNE. 1	NE. 1	NNE. 1	5.9	10	10	10	10	0.0	....	....
7	26.4	27.3	29.1	27.17	+ 1.00	24.9	29.4	E. 1	NNE. 1	NNE. 1	NNE. 1	6.5	10	10	10	10	0.0	....	....
8	30.3	30.9	32.3	30.81	+ 4.63	29.4	32.3	N. 1	NNE. 1	NNE. 1	NNE. 1	10.0	10	10	9	10	0.0	....	....
9	33.7	33.2	33.9	33.36	+ 7.17	32.3	34.2	E. 0	NNE. 1	SSW. 1	NNE. 1	3.6	4	2	0	6	6.2	....	....
10	33.9	33.2	33.6	33.62	+ 7.42	32.8	34.1	SE. 1	NE. 0	S. 0	calme	0.9	10	7	0	7	2.7	....	....
11	33.0	31.3	29.5	31.64	+ 5.43	28.0	33.9	SE. 1	W. 1	NNE. 1	var.	3.4	10	3	0	4	4.0	3.2	3
12	26.0	26.3	28.1	26.70	+ 0.48	25.3	28.1	W. 1	NW. 1	SSW. 1	SSW. 1	11.0	10	3	9	7	3.6	2.0	4
13	28.8	27.2	24.0	26.80	+ 0.56	24.0	28.9	SE. 1	SW. 1	NNW. 1	SW. 1	4.2	2	1	10	5	7.2	4.2	4
14	14.2	15.6	21.0	17.61	- 8.64	12.8	22.6	W. 2	SW. 1	SSE. 1	SSE. 1	6.9	10	9	10	8	0.4	9.4	9
15	23.7	21.7	16.2	20.96	- 5.31	15.7	23.8	S. 1	SW. 1	W. 1	SW. 1	9.0	1	1	9	7	6.1	6.9	5
16	12.9	12.8	16.2	**14.23**	**-12.06**	**12.6**	18.7	SW. 3	SW. 3	SSW. 1	SSW. 2	23.0	10	9	10	9	0.5	**14.0**	**15**
17	22.9	25.3	27.2	23.95	- 2.36	18.7	27.2	NW. 1	NNW. 2	NNE. 3	NNE. 2	20.6	9	9	9	8	0.0	0.2	1
18	28.8	30.0	31.8	29.60	+ 3.26	27.0	32.0	NNE. 3	NNE. 3	NNE. 4	NNE. 3	**41.3**	3	3	0	2	5.0	....	....
19	31.0	29.0	27.1	29.41	+ 3.08	26.8	31.7	NNE. 3	NNE. 3	NNE. 3	NNE. 3	31.8	1	1	1	2	6.8	....	....
20	25.7	25.6	25.2	25.65	- 1.34	24.8	26.8	NNE. 2	NNE. 1	NE. 2	NNE. 1	13.5	9	6	10	8	2.7	....	....
21	21.3	21.8	19.1	22.40	- 4.01	18.5	25.3	NNE. 1	NNE. 1	NE. 1	NNE. 1	13.1	10	9	8	6	0.1	....	....
22	17.2	15.8	16.6	16.59	- 9.85	14.7	18.5	NE. 1	NNE. 1	NNE. 1	NNE. 1	9.4	9	9	10	9	0.2	2.3	4
23	16.4	17.6	19.8	17.80	- 8.67	16.3	20.3	NNE. 0	SW. 0	SSW. 1	calme	1.2	9	10	10	10	0.0	0.9	3
24	20.8	21.2	22.5	21.28	- 5.22	20.3	23.2	SSW. 1	S. 1	SSW. 1	SSW. 1	5.0	10	9	0	6	0.0	....	....
25	24.3	25.3	27.3	25.29	- 1.24	23.4	27.8	SSW. 1	SSW. 0	SSE. 1	SSW. 1	6.9	9	9	10	9	3.3	....	....
26	28.6	29.1	30.1	29.03	+ 2.46	27.6	30.4	S. 0	NNW. 1	E. 0	var.	2.1	10	0	0	5	1.6	....	....
27	32.2	32.2	34.1	32.41	+ 5.84	30.3	34.4	SE. 0	NW. 1	N. 1	calme	0.8	1	9	7	6	1.1	0.1	....
28	33.1	32.6	33.0	33.04	+ 6.40	32.2	34.2	SE. 1	SSW. 1	SSW. 1	calme	1.6	10	10	10	10	0.0	....	....
29	34.2	34.2	34.7	**34.26**	**+ 7.59**	33.2	**35.3**	SE. 1	NNE. 0	SSW. 1	calme	1.1	10	9	0	6	0.1	....	....
30	34.4	33.3	33.0	33.72	+ 7.01	32.7	34.9	S. 0	NNW. 0	SE. 0	calme	1.1	0	1	4	2	6.4	....	....
Mois	25.29	25.19	25.76	25.37	- 0.48							8.00	7.7	6.8	6.7	7.1	71.0	48.2	54

MOYENNES DE GENÈVE. — NOVEMBRE 1914

Correction pour réduire la pression atmosphérique de Genève à la pesanteur normale : + 0mm.02. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

Pression atmosphérique : 700mm +

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.	Moyennes
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re déc.	24.25	24.33	24.64	25.20	24.77	24.74	25.26	25.80	24.88
2e »	25.04	24.71	24.70	25.07	24.48	24.22	24.42	24.62	24.66
3e »	26.37	26.28	26.54	27.01	26.32	26.27	26.81	27.08	26.59
Mois	25.22	25.11	25.29	25.76	25.19	25.08	25.50	25.83	25.37

Température.

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.	Moyennes
	°	°	°	°	°	°	°	°	°
1re déc.	+ 7.59	+ 7.31	+ 7.17	+ 9.21	+10.28	+10.20	+ 8.50	+ 7.70	+ 8.50
2e »	+ 3.53	+ 3.54	+ 3.17	4.29	6.00	4.19	3.59	3.00	3.91
3e »	- 0.18	- 0.67	- 0.97	1.29	4.05	3.61	2.09	1.01	1.28
Mois	+ 3.65	+ 3.39	+ 3.12	+ 4.93	+ 6.78	+ 5.97	+ 4.73	+ 3.90	+ 4.56

Fraction de saturation en %.

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.	Moyennes
1re décade	91	92	91	84	76	75	85	88	85
2e »	82	83	83	73	64	70	77	84	77
3e »	90	90	89	79	70	74	80	87	82
Mois	88	88	88	78	70	73	81	86	81

Dans ce mois l'air a été calme 250 fois sur 1000.

Le rapport des vents $\frac{NNE}{SSW} = \frac{97}{38} = 2.55$

Moyennes des 3 observations (7h, 1h, 9h)

	mm
Pression atmosphérique.......	25.41
Nébulosité	7.1
Température $\frac{7+1+9}{3}$ ..	+ 4°.68
Température $\frac{7+1+2\times9}{4}$ ..	+ 4°.55
Fraction de saturation.......	81 %

Valeurs normales du mois pour les éléments météorologiques, d'après Plantamour :

	mm
Press. atmosphér.. (1836-1875)	25.85
Nébulosité.. ..... (1847-1875).	7.8
Hauteur de pluie.. (1826-1875).	74mm.0
Nombre de jours de pluie. (id.).	11
Température moyenne ... (id.).	+ 4°.55
Fraction de saturat. (1849-1875).	83 %

Observations météorologiques faites dans le canton de Genève

Résultats des observations pluviométriques

Station	CÉLIGNY	COLLEX	CHAMBÉSY	CHATELAINE	SATIGNY	ATHENAZ	COMPESIÈRES
Hauteur d'eau en mm.	68.4	55.5	55.9	51.7	62.3	58.4	53 2

Station	VEYRIER	OBSERVATOIRE	COLOGNY	PUPLINGE	JUSSY	HERMANCE
Hauteur d'eau en mm.	39.1	48.2	41.3	?	42 0	49.6

Insolation à Jussy : 58.9 h.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU

GRAND SAINT-BERNARD

PENDANT LE MOIS

DE NOVEMBRE 1914

Les 1, 2, 3, 4, 5, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 22 et 25, brouillard.
2, 3, 4, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 20, 21, 22, 23 et 25, neige.
2 et 20, fort vent.
12, 13, 14 et 17, violente bise.

GRAND SAINT-BERNARD — NOVEMBRE 1914

Jour du mois	Pression atmosphérique 500mm + 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Ecart av. la norm.	Barographe Min.	Barographe Max.	Vent 7 h.	1 h.	9 h.	Dominant	Nébulosité 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Pluie Hauteur (24 h.)	Neige Hauteur (24 h.)
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.									mm.	cm.
1	55.0	56.2	58.8	56.7	− 6.6	54.8	59.8	SW. 2	SW. 1	SW. 1	SW. 1	10	10	10	10	....	....
2	60.7	62.2	63.4	62.1	− 1.1	59.8	63.7	SW. 3	SW. 3	SW. 3	SW. 3	10	10	10	10	15.6	9
3	64.0	64.4	64.4	64.3	+ 1.1	63.6	64.4	NE. 1	SW. 1	SW. 2	SW. 1	10	10	10	10	7.3	8
4	62.3	61.4	61.3	61.7	− 1.4	61.0	63.6	SW. 2	SW. 1	SW. 1	SW. 1	10	10	10	10	4.9	4
5	60.8	60.6	60.9	60.8	− 2.2	60.5	61.0	SW. 1	SW. 1	SW. 2	SW. 1	10	10	10	10	....	....
6	61.0	61.8	63.3	62.0	− 1.0	61.0	63.6	SW. 1	SW. 0	SW. 1	SW. 1	4	8	4	5	....	....
7	64.0	64.6	65.7	64.8	+ 1.9	63.6	65.8	SW. 0	SW. 0	NE. 1	SW. 0	2	1	0	1	....	...
8	66.0	66.6	67.8	66.8	+ 3.9	65.8	68.3	NE. 0	NE 1	NE. 1	NE. 1	0	0	0	0	....	....
9	68.7	69.2	70.0	69.3	+ 6.5	68.3	70.0	NE. 0	SW. 1	SW. 1	SW 1	0	0	0	0	...	....
10	69.7	69.4	69.2	69.4	+ 7.6	69.1	69.8	NE. 0	NE. 1	NE. 1	NE. 1	0	0	0	0	....	...
11	69.0	68.1	66.0	67.7	+ 5.0	63.2	69.1	NE. 1	NE. 1	SW. 1	NE. 1	0	0	0	0	14.0	10
12	59.6	58.0	58.8	58.8	− 3.8	58.0	63.2	NE. 3	NE. 5	NE. 5	NE. 4	10	10	10	10	14.0	11
13	61.2	60.6	60.3	60.7	− 1.9	59.5	61.3	NE. 4	NE. 3	NE. 2	NE. 3	4	10	10	8	2.4	6
14	54.0	51.3	54.1	53.1	− 9.4	**51.2**	58.1	NE. 1	NE. 5	NE. 6	NE. 4	7	10	10	9	24.4	25
15	57.1	57.5	55.8	56.8	− 5.7	55.0	57.5	NE. 2	NE. 1	SW. 2	NE. 1	10	0	10	7	9.4	19
16	53.3	52.0	53.5	**52.9**	− **9.6**	52.0	55.8	SW. 2	SW. 1	NE. 2	SW. 1	10	10	10	10	**32.1**	**48**
17	56.7	57.8	58.3	57.6	− 4.8	55.8	58.6	NE. 4	NE. 1	NE. 2	NE. 2	10	10	10	10	5.8	6
18	58.9	59.1	60.5	59.5	− 2.8	58.6	60.6	NE 2	NE. 1	NE 3	NE. 2	10	10	10	10	2.0	5
19	59.3	58.3	56.7	58.1	− 4.2	56.4	60.1	NE. 2	NE. 1	NE. 1	NE. 1	1	0	0	0	....	....
20	56.2	57.2	58.4	57.3	− 5.0	56.1	58.6	SW. 1	SW. 2	SW. 3	SW. 2	3	2	10	5	1.3	3
21	58.8	58.6	58.4	58.6	− 3.7	57.1	58.9	SW. 2	SW. 1	SW. 2	SW. 2	9	10	10	10	0.6	1
22	56.3	55.4	55.3	55.7	− 6.5	54.7	57.1	SW. 2	NE. 1	SW. 2	SW. 2	8	10	10	9	3.0	4
23	54.4	54.6	56.1	55.0	− 7.2	54.3	56.6	SW. 2	SW. 1	NE. 1	SW. 1	10	3	10	8	1.8	2
24	57.1	57.2	58.1	57.5	− 4.6	56.6	58.1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	10	0	0	3	...	....
25	57.0	56.4	58.7	57.4	− 4.7	56.4	59.9	NE. 1	NE. 2	NE. 3	NE. 2	0	10	10	7	1.7	4
26	60.8	62.1	65.7	62.9	+ 0.8	59.9	66.2	NE. 1	NE. 1	NE. 0	NE. 1	0	0	0	0	....	....
27	66.7	66.5	66.9	66.7	+ 4.6	66.2	66.9	NE. 0	NE. 1	NE. 2	NE. 1	7	9	3	6	....	....
28	66.2	65.7	66.1	66.0	+ 4.0	65.7	66.7	NE. 1	SW. 1	NE. 1	NE 1	3	0	1	1	...	....
29	67.0	67.6	69.5	68.0	+ 6.0	66.7	69.8	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	0	1	0	0	....	...
30	70.1	69.8	71.0	**70.3**	+ **8.3**	69.8	**71.0**	NE. 1	SW. 1	NE. 1	NE. 1	0	0	0	0	....	....
Mois	61.06	61.01	61.77	61.28	− 0.75							5.6	5.5	5.9	5.7	140.3	165

GRAND SAINT-BERNARD — NOVEMBRE 1914

Jour du mois	Température							Fraction de saturation en %					
	7 heures	1 heure	9 heures	Moyenne 3 Observ.	Ecart avec la normale	Minimum	Maximum	7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Min.	Max.
	0	0	0	0	0	0	0						
1	- 5.8	- 4.4	- 5.0	- 5.1	- 1.9	- 6.3	- 3.6	90	92	92	91	90	95
2	- 4.9	- 2.6	- 2.3	- 3.2	+ 0.1	- 4.9	- 2.0	95	95	97	96	93	98
3	- 1.9	- 0.6	- 1.3	- 1.3	+ 2.1	- 2.0	- 0.2	97	96	95	96	95	98
4	- 1.1	- 0.3	- 0.6	- 0.7	+ 2.9	- 1.3	0.0	95	96	96	96	95	98
5	- 0.7	- 0.1	- 1.2	- 0.6	+ 3.1	- 1.5	+ 0.2	97	96	97	**97**	96	**99**
6	- 2.3	- 0.7	- 1.3	- 1.4	+ 2.5	- 2.5	- 0 5	81	89	89	86	78	92
7	- 3.2	+ 1.8	- 2.7	- 1.3	+ 2.7	- 3.4	+ 2.7	83	69	88	80	64	91
8	- 4.2	0.0	- 4.3	- 2.8	+ 1.3	- 4.5	+ 1.2	55	52	64	57	50	80
9	- 4.8	- 0.4	- 1.1	- 2 1	+ 2.1	- 5.6	+ 2.8	33	34	27	31	20	60
10	- 1.8	+ 2.6	- 0.7	0.0	+ 4.4	- 2.0	+ **3.3**	27	28	34	30	18	40
11	- 1.7	+ 1.7	+ 0.5	+ **0.2**	+ **4.7**	- 1.7	+ 3.0	47	47	35	43	33	50
12	- 4.7	- 8.9	- 10.6	- 8.1	- 3.5	- 11.6	+ 0.2	94	92	92	93	35	96
13	- 10.5	- 6 3	- 5.1	- 7.3	- 2.5	- 11.2	- 4.0	92	79	82	84	76	94
14	- 3.8	- 5.0	- 9.2	- 6.0	- 1.1	- 10.0	- 3.6	94	94	94	94	88	94
15	- 11.9	- 5.2	- 4.8	- 7.3	- 2.3	- 12.2	- 4.4	94	76	83	84	63	95
16	- 7.7	- 6.2	- 6.2	- 6.7	- 1.6	- 8.8	- 6.0	77	81	80	79	74	85
17	- 8.1	- 7.6	- 11.4	- 9.0	- 3.7	- 12.3	- 7.4	81	81	80	81	80	85
18	- 13.0	- 11.2	- 16.3	- 13 5	- 8.1	- 18.1	- 10.8	79	78	79	79	74	82
19	- 19.0	- 15.2	- 17.9	- **17.4**	- **11 9**	- **20.0**	- 14.8	79	71	78	76	66	83
20	- 18.8	- 16.4	- 16.5	- 17.2	- 11.6	- 19.4	- 16.2	70	68	73	70	63	80
21	- 15.4	- 13.5	- 11.2	- 13.4	- 7.7	- 16.2	- 9.3	75	75	77	76	73	82
22	- 9.0	- 5.6	- 5.6	- 6.7	- 0.9	- 9.5	- 5.4	80	81	81	81	80	83
23	- 6.2	- 6.2	- 8.2	- 6.9	- 1.0	- 8.6	- 5.7	81	83	83	82	80	83
24	- 6.7	- 4.5	- 7.7	- 6.3	- 0.3	- 8.0	- 4.3	83	82	56	74	40	83
25	- 8.3	- 10.9	- 12.7	- 10.6	- 4.5	- 14.3	- 8.0	32	79	79	63	24	82
26	- 12.2	- 7.8	- 4.7	- 8.2	- 2.0	- 12.8	- 4.1	79	47	10	45	**10**	82
27	- 2.2	- 4.0	- 8.7	- 5.0	+ 1.3	- 9.1	- 2.0	47	37	76	53	16	80
28	- 8.7	- 5.2	- 9.2	- 7.7	- 1.3	- 9.6	- 4.1	49	35	63	49	28	80
29	- 7.2	- 4.3	- 4 0	- 5.2	+ 1.3	- 7.8	- 4.0	29	38	37	35	25	62
30	- 4.2	- 1 5	- 1.8	- 2.5	+ 4.1	- 5.3	- 1.0	25	28	25	**26**	21	54
Mois	- 7.00	- 4.95	- 6.39	- 6.11	- 0.81	- 8.68	- 3.60	71	70	71	71		

MOYENNES DU GRAND SAINT-BERNARD — NOVEMBRE 1914

Correction pour réduire la pression atmosphérique du Grand Saint-Bernard à la pesanteur normale : — 0mm.22. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

Pression atmosphérique : 500mm + | **Fraction de saturation en %**

	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
	mm	mm	mm	mm				
1re décade	63.22	63.64	64.48	63.78	75	75	78	76
2e »	58.53	57.99	58.24	58.25	81	77	77	78
3e »	61.44	61.39	62.58	61.80	58	58	59	58
Mois	61.06	61.01	61.77	61.28	71	70	71	71

Température.

	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne. $\frac{7+1+9}{3}$	Moyenne. $\frac{7+1+2\times9}{4}$
	°	°	°	°	°
1re décade	— 3.07	— 0.47	— 2.05	— 1.86	— 1.91
2e »	— 9.92	— 8.05	— 9.75	— 9.23	— 9.36
3e »	— 8.01	— 6.35	— 7.38	— 7.25	— 7.28
Mois	— 7.00	— 4.95	— 6.39	— 6.11	— 6.18

Dans ce mois l'air a été calme 89 fois sur 1000.

Le rapport des vents $\frac{NE}{SW} = \frac{87}{54} = 1.61$

Pluie et neige dans le Val d'Entremont.

Station	Martigny-Ville	Orsières	Bourg-St-Pierre	St-Bernard
Eau en millimètres.....	74.7	54.0	41.2	140.3
Neige en centimètres....	2	20	43	165

BIBLIOTHÈQUE UNIVERSELLE

ARCHIVES DES SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

TABLE DES MATIÈRES

CONTENUES DANS LE TOME TRENTE-HUITIÈME

(4me PÉRIODE)

1914 — Nos 7 à 12

Pages

Société suisse de chimie

Communications ayant figuré à l'ordre du jour de la séance qui devait avoir lieu à Berne le 2 septembre 1914

Compte rendu des séances de la Société de physique et d'histoire naturelle de Genève

Compte rendu des séances de la Société vaudoise des Sciences naturelles, à Lausanne

Compte rendu des séances de la Société de Chimie de Genève

BULLETIN SCIENTIFIQUE

PHYSIQUE

CHIMIE

GÉOLOGIE

ZOOLOGIE

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES
faites à Genève et au Grand Saint-Bernard

ERRATA

Mémoire de Aug. Hagenbach et W. Frey:

p. 229, septième ligne du haut : *lire* électrodes *au lieu de* électrons.

Mémoire de P. Gruner:

p. 237, neuvième ligne d'en bas : *lire* $\frac{\varepsilon}{c} \cdot \frac{\partial E}{\partial t}$ *au lieu de* $\frac{E}{c} \cdot \frac{\partial E}{\partial t}$

p. 238, quatrième ligne d'en haut : *lire* $\varepsilon = o$ *au lieu de* $E = o$.

p. 238, dans la note : *lire* 1915 *au lieu de* 1905.

TABLE DES AUTEURS

POUR LES

ARCHIVES DES SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

SUPPLÉMENT

A LA BIBLIOTHÈQUE UNIVERSELLE

ANNÉE 1914, Tomes XXXVII et XXXVIII (Quatrième période)

A

B

C

D

E

F

R

S

